KONSTRUKČNÍ ELEKTRONIKA A Radio

ROČNÍK IX/2004. ČÍSLO 6

Amatérské RADIO

ŘADA B - PRO KONSTRUKTÉRY

ROČNÍK LIII/2004. ČÍSLO 6

Z dějin vědy a techniky

V TOMTO SEŠITĚ

KONSTRUKČNÍ ELEKTRONIKA A RADIO

Vydavatel: AMARO spol. s r. o.
Redakce: Radlická 2, 150 00 Praha 5, tel.: 2 57 31 73 11, tel./fax: 2 57 31 73 10.
Šéfredaktor ing. Josef Kellner, sekretářka redakce Eva Kelárková, tel. 2 57 31 73 14.
Ročně vychází 6 čísel. Cena výtisku 36 Kč.
Rozšiřuje PNS a. s., Transpress spol. s r. o., Mediaprint & Kapa a soukromí distributoři.
Předplatné v ČR zajišťuje **Amaro** spol. s r. o. - Michaela Jiráčková, Hana Merglová (Radlická 2, 150 00 Praha 5, tel./fax: 2 57 31 73 13, 2 57 31 73 12. Distribuci pro předplatitele také provádí v zastoupení vydavatele společnost Mediaservis s. r. o., Abocentrum, Moravské náměstí 12D, P. O. BOX 351, 659 51 Brno; tel: 5 4123 3232; fax: 5 4161 6160; abocentrum@mediaservis.cz; reklamace - tel.: 800 171 181.
Objednávky a predplatné v Slovenskej republike vybavuje MAGNET-PRESS Slovakia s. r. o., Teslova 12, P. O. BOX 169, 830 00 Bratislava 3, tel./ /fax (02) 44 45 45 59, (02) 44 45 06 97 - predplatné, (02) 44 45 46 28 - administratíva; email: magnet@press.sk
Podávání novinových zásilek povoleno Českou poštou - ředitelstvím OZ Praha (č.j. nov 6005/96 ze dne 9. 1. 1996).
Inzerci v ČR přijímá redakce, Radlická 2, 150 00 Praha 5, tel.: 2 57 31 73 11, tel./fax: 2 57 31 73 10.
Inzerci v SR vyřizuje MAGNET-PRESS Slovakia s. r. o., Teslova 12, 821 02 Bratislava, tel./ /fax (02) 44 45 06 93.
Za původnost a správnost příspěvků odpovídá autor (platí i pro inzerci). Nevyžádané rukopisy nevracíme.
http://www.aradio.cz; *E-mail*: pe@aradio.cz
ISSN 1211-3557, MK ČR E 7443

Historie elektřiny a magnetizmu

Výbušné motory

První experimenty (zmíněné již ve statích o parním stroji) prováděli už Huygens a Papin počátkem 18. století. Tyto experimenty však byly natolik nadčasové (a doba si takový motor ani nežádala), že skončily v ranném stadiu a bez odezvy. Pak nastoupila éra rozvoje parních strojů, které dosáhly na svou dobu poměrně dobrých kvalit, takže hledání dalšího univerzálního motoru bylo na čas odsunuto do pozadí.

Jedním z pravních průkopníků spalovacího motoru byl Philippe Lebon, původem Francouz. Se svým prototypem motoru experimentoval začátkem 19. století - motor konstrukčně vycházel z parního stroje a velice se mu tedy podobal. Pracoval jako dvoutaktní, bez komprese. Jako palivo sloužil svítiplyn, používaný tehdy již v domácnostech i průmyslu především ke svícení. Lebon však brzy zemřel a jeho myšlenky byly zapomenuty. Další doba byla poznamenána, jak bylo zmíněno výše, nástupem a bouřlivým rozvojem parního stroje, proto se na několik desítek let vývoj spalovacích motorů pozastavil. Přesto se však objevovaly různé kuriozní konstrukce, ale nikdy se nedočkaly rozšíření.

První spalovací motor, který se dočkal rozšíření, zkonstruoval Etienne Lenoir - Belgičan žijící ve Francii. Patent na svůj motor získal roku 1860. Byl poháněn svítiplynem a jeho první modely se velmi podobaly dvojčinnému parnímu stroji. Zapalování bylo již indukční, směs ve válci byla zažehována jiskrou mezi dvěma platinovými elektrodami. Motor opět pracoval jako dvoutaktní.

Lenoir pak odstranil dalším vývojem z motoru drobné konstrukční nedostatky a díky reklamě ho uvedl na trh. Jeho komerční provedení dosahovalo výkonu 1 koňské síly, a přestože byl tento motor ve srovnání s parními stroji slabý, ujal se v menších dílnách a nově vznikajících továrnách. Byl totiž podstatně levnější než parní stroj.

Další epocha pak pařila N. A. Ottovi a R. Dieselovi, který jako první pro konstrukci motoru použil vědeckou teorii.

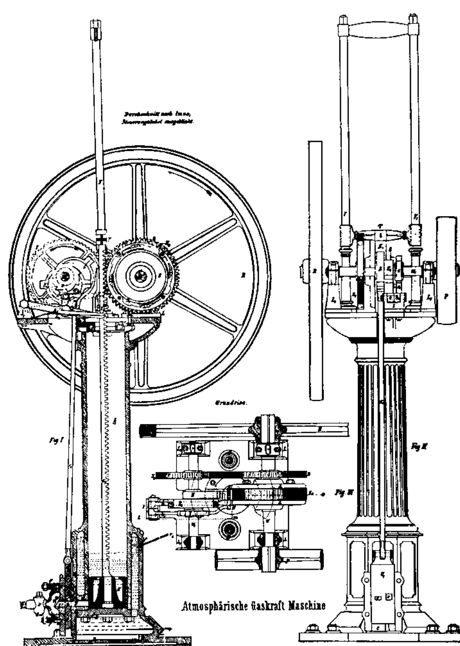
Spalovací motor byl neustále vylepšován a postupně nahrazoval parní stroje. Podařilo se zvětšit účinnost i výkon, navíc mají spalovací motory větší otáčky než parní stroje.

Pístový parní stroj byl spalovacím motorem zcela vytlačen, ale určitě bude i spalovací motor časem nahrazen novou technologií...

Nicolaus August Otto

Narodil se 14. června 1831 v Holzhausenu a brzy ztratil otce. Osm let chodil do vesnické školy, pak dva roky na reálné gymnázium v Langenschwalbachu. V roce 1853 se přestěhoval do Kolína, kde bydlel u svého bratra Wilhelma a stal se „cesťákem“ pro koloniální obchod. V Kolíně při maškarním plese poznal a učil tančit svou budoucí ženu. Roku 1860 se stal obchodním cestujícím pro celou západní část Německa pro velkoobchod s koloniálním zbožím Karla Mertense.

Jak se dostal k řešení technických problémů, dnes není jasné. Musel se však seznámit s Lenoirovým motorem, který byl v roce 1860 objeven ve Francii. Se svými pokusy na čtyřtaktních motorech začal v roce 1862. O rok později sestrojil již první stroj na plynový pohon a v roce 1864 založil spolu s Evženem Langenem firmu „N. A. Otto & Cie“, ve které začali vyrábět vylepšenou verzi původního modelu, na jejímž zlepšování dále pracovali. V roce 1866 (podle jiných pramenů 1864) získali oba v Prusku patent na „atmosférický plynový stroj“. V roce 1867 byli odměněni na pařížské světové výstavě zlatou medailí za jeden ze svých modelů. Deset let po získání patentu Otto nakreslil pracovní diagram tohoto čtyř-



Nákres jednoho z typů Ottova motoru (1867)

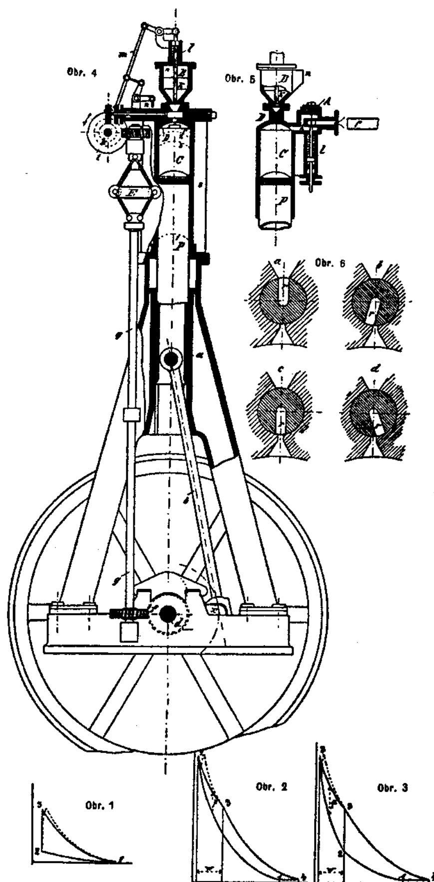
dobého motoru a ten již prakticky odpovídá dnešním poznatkům. Vynálezce čtyřdobého motoru zemřel 26. 6. 1891 v německém Kolíně ve věku 59 let.

Pravda, motory z dílny Otta a Langena nevynikaly velkou účinností, ale pracovaly. Přes to všechno - nebo právě proto - je s podivem, že se o Ottovi, coby vynálezci výbušného motoru, tak málo ví. Jeho jméno je v širší veřejnosti téměř neznámé, i když o principu jeho motoru se učí žáci na školách a znalost jeho principu patří k základním vědomostem vyžadovaným při zkouškách v autoškole. Podstatně větší znalosti, možná díky poněkud výstřednímu chování tohoto vynálezce, máme o osobě se jménem Rudolf Diesel.

Rudolf Diesel

Narodil se 18. 3. 1858 v německé rodině, která žila v Paříži. Měl velmi tvrdou výchovu - když se např. v době, když již chodil do školy, jednou nepřiznal, co provedl, otec jej přivázal za nohu ke stolu a s matkou odejel na tři dny pryč. Po návratu jej poslal do školy s cedulí na krku s nápisem „jsem lhář".

Když Prusové zaútočili v roce 1870 na Paříž, upadli do podezření z vyzvědačství, a tak celá rodina odejela do Anglie. Rudolfa poslali jako dvanáctiletého na vychování do Německa, a přesto, že jeho otec původně nechtěl, aby šel do školy, rodina, u které žil, jej tam poslala a učitelé záhy poznali, že má mimořádný talent. Získal stipendium, a když končil v Mnichově studium strojního inženýrství, označili jej za nejlepšího žáka v dějinách školy.



Výkres z patentní dokumentace Dieselova motoru

Od začátku se zajímal o točivé stroje. Když zjistil, že u parních strojů, které se používaly téměř výhradně jako pohonné jednotky, se využívá jen asi 10 % energie obsažené v uhlí, vytkl si za cíl, že musí přijít na způsob, jak tento poměr zlepšit. Nebyl ovšem první, kdo se myšlenkou benzinového motoru zabýval. Diesel se seznámil s principem Ottova čtyřdobého motoru a začal sám experimentovat. Dieslovy práce nepokračovaly zpočátku tak rychle kupředu, jak by si sám přál, poněvadž trpěl trvale nedostatkem financí. Přesto se mu v roce 1879 podařilo poprvé svůj motor spustit a v roce 1884 již firma, kterou založil spolu se svými společníky, vyráběla 10 motorů měsíčně. Nevýhodou bylo, že tyto motory měly poměrně malý výkon a byly mechanicky složité.

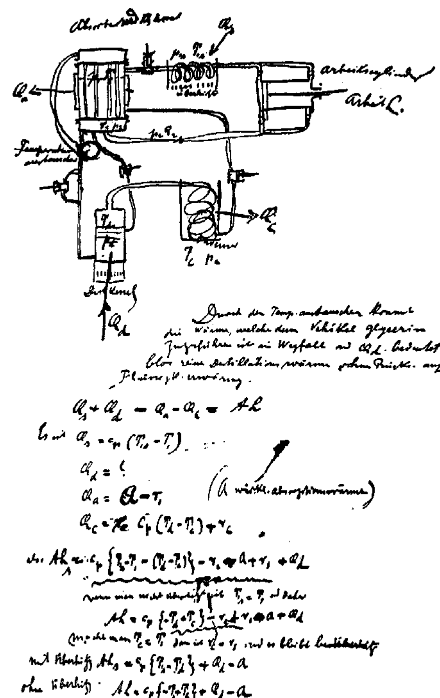
Diesel v roce 1890 přišel na myšlenku vstřikovat palivo do stlačeného silně zahřátého vzduchu a v roce 1892, když pracoval u firmy na chladírenské zařízení, si tuto myšlenku, založenou na Carnotově principu, nechal patentovat. Nějaký čas pracoval na principu čpavkového motoru, než zjistil, že tato cesta nikam nevede. K dalším pokusům však potřeboval peníze, které neměl. Získal však bohatého mecenáše Kruppa, který se uvolil jeho experimenty financovat. Věděl totiž, že pokud by se Dieselova myšlenka realizovala, vznikly by v továrnách, které vlastnil, ohromné úspory.

První pokusy, když použil jako palivo benzin, však skončily nezdarem - výbuch část jeho soustrojí zničil. V roce 1893 publikoval první práci s popisem své myšlenky a v roce 1894 poslal patentovou přihlášku na svůj princip motoru. Teprve v roce 1895 (v různých pramenech se letopočty tohoto období liší ±2 roky) jej napadlo použít jako palivo petrolej, a naftový motor konečně spatřil světlo světa.

Skutečně funkční prototyp však mohl představit ve své dílně až o další dva roky později. Aniž by se postaral o uvedení do výroby, udělal svému vynálezu ohromnou reklamu, jezdil po světě a prodával patentová práva. Tím velice rychle zbohatl, spojil se dokonce se synovcem vynálezce dynamitu - Nobelem, a v roce 1898 byl již vlastníkem více než pěti milionů marek, i když zatím jediný fungující prototyp stál v jeho laboratoři!

Ovšem faktem je, že tohoto roku získal patent s číslem 608.845 na samovznětový motor s názvem Dieselův motor a že jeho prototyp měl teoreticky účinnost asi 75 %.

V té době se ovšem vyrojila spousta podvodníků, kteří tvrdili, že oni na princip přišli a že jim nápad ukradl. Jediné štěstí bylo, že žádný z nich nemohl předvést fungující motor.


Dieselova studie o čpavkovém motoru (1886)

Ze všech peripetií kolem svého vynálezu se částečně pomátl a dostal se nakonec na čas do sanatoria pro duševně choré. Za toho stavu Diesel prodal veškerá svá patentová práva, poněvadž sám na svém prototypu nakonec zjistil řadu nedostatků a až do konce života trpěl silnými depresemi. Ty byly navíc podněcovány i stálými útoky novinářů, kteří jeho prvenství a původnost myšlenky zpochybňovali.

Zatímco Diesel vlastně utekl od nedokončené práce, Krupp, který znal, jak těžko se některé nápady dostávají do praxe, najal řadu inženýrů, kteří postupně odstraňovali závady a dopracovali Dieselovu myšlenku do zdárného konce.

Diesel se pak dal na spisování - napsal nějaké knihy, které ovšem zcela propadly. Začal také sázet a o zbytek svého velkého bohatství přišel díky podvodnému makléři, který mu prodal za velké peníze zcela bezcenné pozemky.

Navenek ovšem stále žil s velkou pompou, od svého přítele si půjčil velkou sumu peněz a odejel do Anglie na otevření jedné z továren na výrobu Dieselových motorů. Při cestě 29. září 1913 skočil v noci z lodi do moře. Jeho tělo našli po 12 dnech rybáři, ale pustili je zpět do moře. Dieselova rodina však nikdy myšlenku, že se jednalo o sebevraždu, neakceptovala, i když většina historiků se k této verzi přiklání.

QX, HYN

Literatura

[1] *Diesel, E.:* Diesel - osobnost, dílo a osud. Orbis, Praha 1942.

[2] *Goldbeck, G.:* Gebändigte Kraft. Heinz Moos Verlag, München 1965.

[3] *Goldbeck, G.:* Nikolaus August Otto. Stuttgart 1957.

UŽITEČNÁ ZAPOJENÍ Z DLOUHOLETÉ PRAXE

Ing. Zdeněk Zátopek

Vážení čtenáři tohoto čísla Konstrukční elektroniky, bez elektrotechniky a elektroniky se dnes už neobejde žádná lidská činnost. Denně se s ní setkávají všichni lidé bez rozdílu věku. Rozhlasové přijímače, signální a sdělovací zařízení, reprodukční zařízení, léčebné přístroje, hračky, počítače, automobily, televizory, obráběcí stroje apod., to všechno nás denně obklopuje, usnadňuje nám každodenní práci a zpestřuje volné chvíle. Tento obor vyplňuje i volný čas těch lidí, kteří nechtějí zůstat jen pasivními spotřebiteli tohoto překotného technického pokroku. Ve své zájmové činnosti se mládež s dospělými učí a objevují něco nového nejen při používání a manipulaci s hotovými elektronickými přístroji, ale často právě při konstrukci elektronických přístrojů.

Úvod

Při návrhu konstrukcí a psaní textu tohoto čísla Konstrukční elektroniky pro radioamatéry jsem dlouho přemýšlel, čím vás oslovit a jaké konstrukce ukázat široké radioamatérské veřejnosti. Mohu říci, že úkol to nebyl lehký, protože konstrukce, které jsem měl již připraveny k popisu, jsem musel urychleně měnit kvůli otištění na stránkách časopisu Praktická elektronika jinými autory. Byla to v principu stejná zapojení a lišila se jen v drobných úpravách hodnot součástek a někdy i jinými plošnými spoji (já jsem je měl navrženy systémem Formica v jeho poslední verzi 4.40).

Po dlouhém rozhodování jsem nakonec dospěl k závěru, že se pokusím čtenářům předložit konstrukce z nejrůznějších oblastí elektroniky, které představují průřez čtyřiceti lety mé bohaté radioamatérské činnosti.

Dalším impulsem k tomuto rozhodnutí byla snaha získat zejména začátečníky pro cílevědomou zájmovou činnost a seznámit je prostřednictvím jednodušších, užitečných a zajímavých návodů s používáním elektrotechnických součástek a jednoduchých obvodů. Množství použitých součástek je omezeno se zřetelem k finančním možnostem začínajícího radioamatéra bez rozdílu věku.

Důležitá byla i skutečnost, že mí dva desetiletí kluci se začínají rovněž zajímat o základy a taje elektroniky a tím vznikla možnost si opětovně připomenout začátky dob, kdy jsem začínal „na koleně“ vinout ručně cívky, trubičkovým perem kreslit plošné spoje a ty nakonec v chloridu železitém leptat. Vím, že to dnes již není příliš moderní, ale z nostalgie a lásky k této lidské činnosti jsem znovu s nimi s úspěchem vyzkoušel konstrukce, které za období čtyřiceti let jsou možná morálně zastaralé, ale stále funkční, a amatérovi při „bastlení” ve volných chvílích přinášejí radost a uspokojení. Vždyť snem nás dříve narozených amatérů bylo, aby to hrálo, blikalo a ručička měřicího přístroje něco ukazovala.

Všechny tyto konstrukce by měly být pokud možno nenáročné na přístrojové vybavení a měly by fungovat na první zapojení s minimálním nastavováním. Rovněž pořízení potřebných součástek v elektronických obchodech by nemělo být v našich podmínkách problémem (o čemž jsme se všichni tři přesvědčili, když jsme společně vystáli několik front na naše součástky).

Na základě uvedených požadavků jsem nakonec vybral konstrukce z oblasti vf a nf, které jsou funkční, nevyžadují příliš mnoho speciálních součástek a v mnoha případech lze použít tzv. „šuplíkové zásoby”. Návody i náměty byly ověřeny a pečlivá příprava a práce čtenáře bude odměněna správnou činností stavěného přijímače nebo přístroje. Pro svou jednoduchost nejsou určeny k porovnávání s kvalitními komerčními výrobky, avšak to neznamená, že rozhlasové přijímače (i ty nejjednodušší zhotovené doma) nehrají a měřicí přístroje neměří dostatečně přesně.

Těm, kteří si podle tohoto čísla Konstrukční elektroniky sestrojí a oživí alespoň jednu konstrukci, přeji mnoho úspěchů v jejich zájmové činnosti a věřím, že rozšíří řady aktivních amatérů, zvyšujících své vědění neustálým pročítáním odborných časopisů a knih a dalším „bastlením” ve volných chvílích této uspěchané doby tak, jak jsem já tyto řady rozšířil před 40 lety. Jestli se mi tento cíl podařil a vás alespoň trochu podnítil si něco vyzkoušet, ponechám jen a jen na vašem rozhodnutí.

Závěrem mi dovolte, abych touto cestou poděkoval RNDr. Ivo Křivkovi a Ing. Petru Horskému, kteří mi svým aktivním a rychlým přístupem při aktualizaci driverů a knihoven návrhového systému Formica odstraňovali vzniklé problémy při sestavování tohoto čísla Konstrukční elektroniky.

Jednoduché přijímače AM

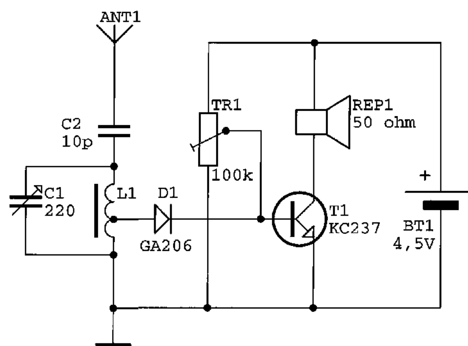
V mysli začínaného radioamatéra jsou první představou rozhlasového přijímače krystalky a tzv. reflexní přijímače. I proto začínám tento průřez svojí amatérskou činností uvedenými rozhlasovými přijímači.

Krystalka s feritovou anténou a zesilovačem

Abychom mohli volit rozhlasovou stanici ve středovlnném pásmu, ladíme vstupní obvody do rezonance s kmitočtem přijímaného vysílače. Naladění do rezonance dosahujeme změnou indukčnosti cívky (variometrem) nebo kapacity kondenzátoru (ladicím kondenzátorem). Proměnnou součástkou je převážně ladicí kondenzátor, který se prodává jako hotová součástka, může však jí být i cívka. Posouváním jader (např. feritu) v cívce nebo změnou počtu závitů cívky se mění její indukčnost.

Krystalka podle zapojení na obr. 1 využívá pro ladění změnu kapacity ladicího kondenzátoru.

Jako ladicí obvod použijeme feritovou anténu L1 a otočný kondenzátor C1. V prodeji se vyskytuje více typů feritových antén s různým počtem závitů a různé typy ladicích kondenzátorů. Antény s menším počtem závitů (okolo 60) vyžadují větší kapacitu ladicího kon-



Obr. 1. Krystalka s feritovou anténou a zesilovačem

denzátoru (asi 400 pF), antény s větším počtem závitů (okolo 80) vyžadují kapacitu ladicího kondenzátoru asi 200 pF.

Rovněž je možné zakoupit nějaký vrak starého tranzistorového rádia a ladicí obvod složený z feritové přijímací antény a ladicího kondenzátoru použít z něj.

Cívku L1 na feritovou anténu si také můžeme sami navinout. Feritovou tyčku plochou nebo kulatou (autor použil kulatou tyčku o průměru 10 mm a délce 80 mm) dvakrát ovineme s mírnou vůlí dvěma vrstvami běžného kancelářského papíru a papír slepíme běžným kancelářským lepidlem. Po krátkém zaschnutí lepidla navineme od dolního konce 10 závitů lakovaného měděného drátu o průměru 0,3 mm, vinutí zakápneme pečetním voskem, zkroucením vodiče uděláme odbočku a navineme dalších 80 závitů. Konec vinutí opět fixujeme pečetním voskem nebo nití apod. Začátek vinutí je označen číslem *0*, odbočka má číslo *1* a konec vinutí číslo 2. Pro navinutí cívky je vhodný jakýkoli izolovaný (opředený, lakovaný) měděný vodič průměru 0,2 až 0,5 mm.

Mezi vývody cívky *0* a *2* je připojen ladicí kondenzátor s proměnnou kapacitou 200 pF. Změnou kapacity ladicího kondenzátoru se mění rezonanční kmitočet obvodu L1, C1 a tím naladění vstupního obvodu pro kmitočet, na kterém vysílá vyhledávaný vysílač. Jelikož v naší republice je stále svým výkonem silná síť středovlnných vysílačů, je tato krystalka zaměřena právě na středovlnný rozsah.

Po sestavení přijímače a zkouškách s nastavením se pokusíme připojením antény (asi jednoho metru izolovaného tenkého měděného drátu připojeného na kondenzátor C2) zlepšit příjem. V oblasti Ostravy však ani anténa a ani zemnění připevněné na radiátor ústředního topení nebylo nutno použít. Demodulaci vysokofrekvenčního signálu (vf) zajišťuje germaniová dioda D1.

Ke zvýšení výkonu krystalky používáme tranzistorový zesilovač, který zesílí signál původně určený pro sluchátka. Zesilovač má na vstupu zařazen zatěžovací rezistor TR1, který nahrazuje u krystalek stejnosměrný odpor sluchátek. Z TR1 se odebírá budicí proud do báze tranzistoru T1. Protože báze tranzistoru je přes odpor trimru TR1 vodivě spojena s napájecím zdrojem, je do vstupního obvodu zařazen oddělovací kondenzátor C3. Změnou polohy běžce trimru se mění odpor trimru a tím se mění stejnosměrný budicí proud báze a pracovní bod tranzistoru. To má za následek změnu hlasitosti demodulovaného nf signálu ve sluchátku. Kromě trimru ovlivňuje hlasitost reprodukce i jakost sluchátka (autor použil nízkoimpedanční telefonní sluchátko o odporu 50 Ω).

Napájecí baterii můžeme použít s napětím 4,5 V plochou nebo složenou ze tří tužkových článků zapojených do série. Napájecí zdroj nemá vypínač, napájecí proud se přeruší odpojením baterie. Pokud někomu tento druh vypínaní nevyhovuje, může do kladné větve napájení dodatečně zapojit jednoduchý spínač.

Součástky jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 2, rozmístění součástek je na obr. 3.

Hlasitost reprodukce takovéto krystalky je již dostatečná. Nejsilnější nezkreslený signál nastavíme nejdříve po zachycení a naladění rozhlasového signálu. Jemným posouváním cívky L1 po feritové tyčce (při současném dolaďování C1) vyhledáme optimální polohu cívky, kterou pak zakápneme voskem proti pohybu. Pak ještě nastavíme sílu užitečného signálu nastavením pracovního bodu tranzistoru T1.

Konstrukce nemá žádné záludnosti. Pokud bychom chtěli použít vzduchovou cívku, tak si vytvoříme z tvrzeného papíru trubičku (cívkové tělísko) o průměru 20 až 30 mm, na kterou navineme stejný počet závitů jako u tyčinky feritové. Vzduchová cívka vyžaduje dobrou anténu a uzemnění.

Seznam součástek krystalky z obr. 1

TR1	100 kΩ, trimr
C1	220 pF, otočný kondenzátor
C2	10 pF, keramický
L1	viz text
D1	GA206
T1	KC237
REP1	telefonní sluchátko, 50 Ω
BT1	baterie 4,5 V

deska s plošnými spoji: KRYSTALKA

Přijímač do dílny 1

Přijímač do dílny nebo garáže, používaný jako stabilní, může poskytovat větší akustický výkon a je citlivější a selektivnější než krystalka. Větší akustický výkon je získán použitím výkonového koncového stupně, většího reproduktoru a robustnějšího napájecího zdroje.

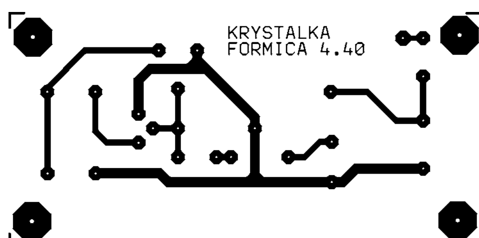
Citlivost přijímače se zlepší připojením antény a uzemnění a využitím prvního tranzistoru jako vysokofrekvenčního i nízkofrekvenčního zesilovače. Citlivost přijímače se projeví možností přijímat pořady několika rozhlasových vysílačů.

Selektivita přijímače je ovlivněna především zavedením zpětné vazby a přizpůsobením vstupního obvodu, tj. transformací napětí nakmitaného na cívce L1 do cívky L2. Selektivita umožní vybírat ostřeji ze spektra signálů žádaný signál a potlačit všechny ostatní. Projeví se to dobrou schopností odladit jeden pořad od druhého v celém středovlnném pásmu.

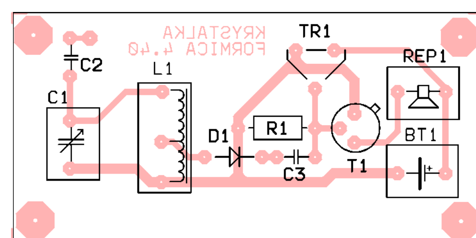
Schéma přijímače je na obr. 4. Signál zachycený feritovou anténou je z laděného obvodu L1, C1 transformován do cívky L2. Transformace je nutná pro správné přizpůsobení mezi vstupem T1 a obvodem L1, C1, jinak by byl laděný obvod neúměrně tlumen malým vstupním odporem tranzistoru, a tím by se do něj nakmitalo malé napětí.

Tranzistor T1 v zapojení se společným emitorem je buzen z vinutí L2 do báze a v kolektoru na rezistoru R1 se objeví zesílené vysokofrekvenční napětí. Ztráty na laděném obvodu můžeme nahradit zpětným vrácením vysokofrekvenční energie do obvodu L1, C1 přes rezistor R5 a ladicí kondenzátor (trimr) C3. Zpětnou vazbu ovlivňuje velikost kapacity kondenzátoru C3, a to zvlášť pro každý vysokofrekvenční kmitočet. Při nastavení trimru C3 na co nejmenší kapacitu nejsou plně využity výhody zpětné vazby, bude-li kapacita příliš velká, přijímač se rozkmitá. Při oživování se nastaví kapacita C3 tak, aby se v celém rozsahu ladění neobjevovaly hvizdy.

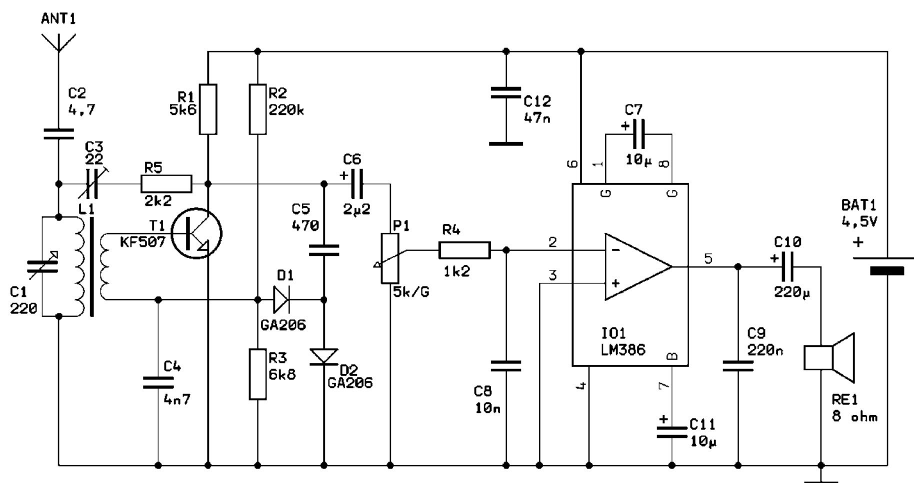
Z kolektoru T1 je přes kondenzátor C5 vysokofrekvenční signál přiveden na detektor tvořený soustavou diod D1 a D2. Tyto diody dodávají usměrněné napětí rovné téměř dvojnásobku střídavé-



Obr. 2. Obrazec spojů krystalky (měř.: 1 : 1)



Obr. 3. Rozmístění součástek na desce krystalky



Obr. 4. Přijímač do dílny 1. Varianta s koncovým stupněm s IO LM386

ho vrcholového napětí. Uvedené zapojení je známo jako násobič napětí.

Výstup z detektoru je připojen zpět přes cívku L2 na bázi tranzistoru. V tomto případě je tranzistor buzen nízkofrekvenčním signálem, který se zesílený opět objeví na pracovním rezistoru R1. Odtud je veden přes kondenzátor C6 na potenciometr P1, kterým se reguluje hlasitost.

Regulovaný nízkofrekvenční signál je veden z běžce potenciometru P1 a dolní propust *RC* složenou z rezistoru R4 a kondenzátoru C8 do integrovaného obvodu IO1 typu LM386. Tento integrovaný obvod zahrnuje ve své struktuře předzesilovač i výkonový koncový stupeň. Výstupní signál na vývodu *5* IO1 je přes oddělovací elektrolytický kondenzátor C10 přiváděn na reproduktor RE1. K obvodu IO1 je zapojeno podle doporučení výrobce několik nezbytných filtračních a blokovacích kondenzátorů C7, C9 a C11.

Reproduktor RE1 by měl být co největší (o průměru minimálně 63 mm) s impedancí 4 až 8 Ω.

Přijímač je napájen napětím 4,5 V z ploché baterie nebo ze tří tužkových článků. Lepší je však použít jednoduchý stejnosměrný stabilizovaný zdroj, který je popsán dále.

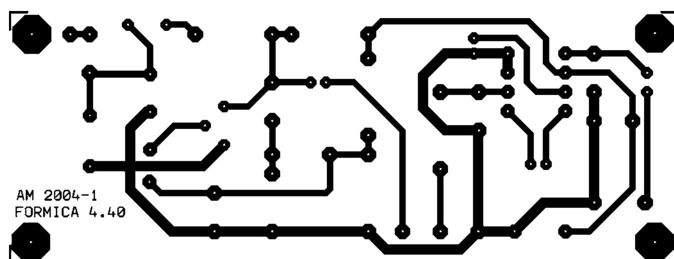
Součástky přijímače jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 5, rozmístění součástek je na obr. 6.

Na místě T1 lze použít jakýkoliv tranzistor z řady KF506 až 508 nebo z řady KC507 až 509, KC237 až 239 apod. Je nutno jen rezistorem R2 nastavit pracovní bod tak, aby na kolektoru T1 byla polovina napájecího napětí.

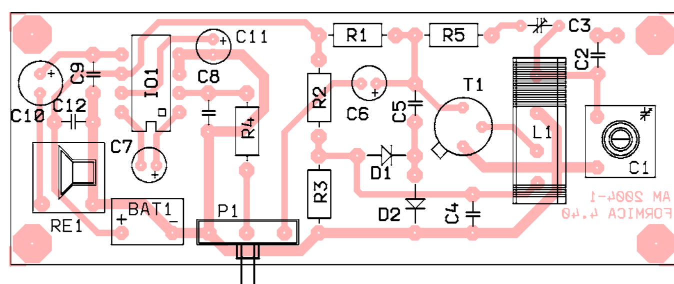
Nastavení tohoto přijímače je velice jednoduché. Rezistor R2 provizorně nahradíme trimrem o odporu 680 kΩ a nastavíme ho na největší odpor. Kondenzátor C3 (trimr) nastavíme na nejmenší kapacitu (zcela vyšroubován) a pomalým protáčením ladicího kondenzátoru se snažíme s provizorní anténou a s uzemněním vyladit pořad rozhlasové stanice, kterou jemně doladíme posouváním cívky po feritové tyčince. Po naladění stanice upravíme zpětnou vazbu zvětšováním kapacity trimru C3. Při zvětšování kapacity C3 se musí reprodukce pořadu zesilovat, v opačném případě zaměníme navzájem vývody cívky L2. Nastavením pracovního bodu T1 upravíme největší hlasitost tak, aby reprodukce nebyla zkreslená. Pak odpor trimru změříme multimetrem a na místo R2 zapájíme rezistor s nejbližší nižší hodnotou odporu.

Na koncovém stupni nemusíme již nic nastavovat. Cívky L1 a L2 můžeme použít z předcházející konstrukce jen s tím rozdílem, že střední vývod musíme rozdělit.

Přijímač bez antény a uzemnění zachytil přes den dva vysílače a večer počet zachycených stanic stoupl na šest.



Obr. 5. Obrazec spojů přijímače do dílny 1 podle obr. 4 (měř.: 1 : 1)



Obr. 6. Rozmístění součástek na desce přijímače do dílny 1 podle obr. 4

Seznam součástek přijímače z obr. 4

R1	5,6 kΩ, miniaturní
R2	220 kΩ, miniaturní
R3	6,8 kΩ, miniaturní
R4	1,2 kΩ, miniaturní
R5	2,2 kΩ, miniaturní
P1	5 kΩ/log., potenciometr
C1	220 pF, otočný
C2	4,7 pF, keramický
C3	22 pF, trimr
C4	4,7 nF, keramický
C5	470 pF, keramický
C6	2,2 μF/50 V, radiální
C7	10 μF/35 V, radiální
C8	10 nF, fóliový
C9	220 nF, fóliový
C10	220 μF/16 V, radiální
C11	10 μF/35 V, radiální
C12	47 nF, fóliový
L1, L2	viz text
D1	GA206
D2	GA206
T1	KF507, viz text
IO1	LM386
RE1	reproduktor 4 až 8 Ω
BAT1	baterie, 4,5 V

deska s plošnými spoji: AM 2004-1

Tento velice zajímavý reflexní přijímač je zapojen ve dvou variantách.

Komu by nevyhovovalo zapojení koncového stupně s integrovaným obvodem, může použít klasický koncový stupeň s doplňkovými (tzv. komplementárními) výkonovými tranzistory.

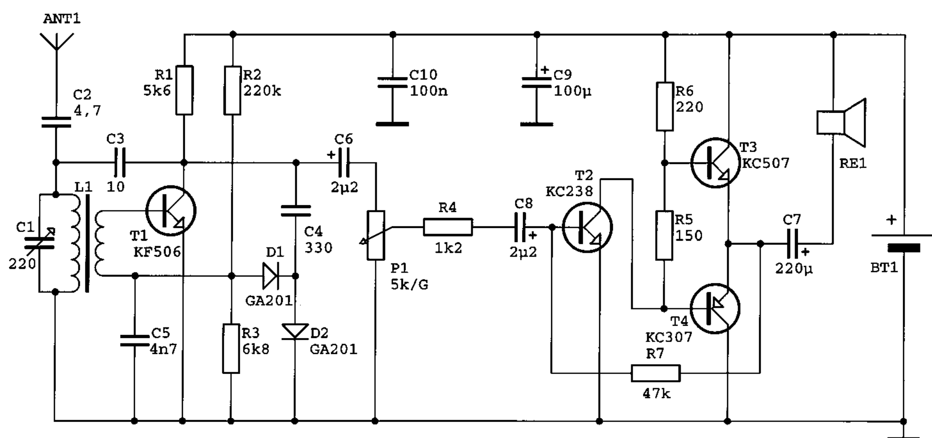
Schéma této varianty přijímače je na obr. 7. Protože vstupní část přijímače je úplně stejná jako u předcházející konstrukce, popíšeme si jen koncový stupeň.

Z běžce potenciometru P1 jde nízkofrekvenční signál přes filtrační rezistor R4 a oddělovací elektrolytický kondenzátor C8 na tranzistor T2, jehož veliké zesílení v zapojení se společným emitorem dá signálu patřičnou napěťovou amplitudu.

Koncový stupeň pracuje s určitým klidovým předpětím, nastaveným rezistory R6 a R5, což významně zmenšuje celkové zkreslení přijímače. Polovina napájecího napětí na záporném pólu elektrolytického kondenzátoru C7 se nastavuje rezistorem R7. Ke zlepšení celkové stability zesilovače jsou v obvodu filtrační kondenzátory C9 a C10.

Součástky přijímače jsou připájeny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 8, rozmístění součástek je na obr. 9.

V přijímači lze použít libovolné „šuplíkové” tranzistory, které předem proměříme měřičem tranzistorů, který je také popsán v tomto čísle Konstrukční elektroniky. Reproduktor RE1 použijeme o minimálním průměru 63 mm a impedanci 8 Ω.



Obr. 7. Přijímač do dílny 1. Varianta s koncovým stupněm s tranzistory

Při nastavování se opět nevyskytují žádné záludnosti a po proměření polovodičových součástek a kontrole desky s plošnými spoji proti světlu (zda nejsou spoje přerušeny nebo zkratovány) je nutno jen nastavit správný pracovní bod vstupního tranzistoru T1 a u koncového stupně osazeného tranzistory nastavit polovinu napájecího napětí na emitoru tranzistoru T3 úpravou odporu rezistoru R7.

Seznam součástek přijímače z obr. 7

R1	5,6 kΩ, miniaturní
R2	220 kΩ, miniaturní
R3	6,8 kΩ, miniaturní
R4	1,2 kΩ, miniaturní
R5	150 Ω, miniaturní
R6	220 Ω, miniaturní
R7	47 kΩ, miniaturní
P1	5 kΩ/log., potenciometr
C1	220 pF, otočný
C2	4,7 pF, keramický
C3	10 pF, keramický
C4	330 pF, keramický
C5	4,7 nF, keramický
C6	2,2 μF/50 V, radiální
C7	220 μF/16 V, radiální
C8	2,2 μF/50 V, radiální
C9	100 μF/16 V, radiální
C10	100 nF, fóliový
L1, L2	viz text
D1	GA206
D2	GA206
T1	KF506, viz text
T2	KF506, viz text
T3	KF506, viz text
T4	KC307 apod.
RE1	reproduktor 8 Ω
BAT1	baterie, 4,5 V

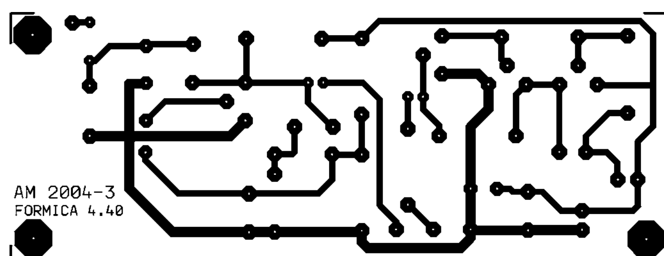
deska s plošnými spoji: AM 2004-3

Přijímač do dílny 2

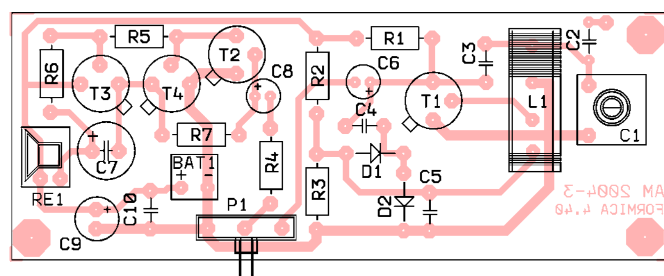
Tento přijímač poskytuje již dostatečnou selektivitu a ladění rozhlasových stanic je již dostatečně ostré a přesné, i když se nejedná o typické reflexní zapojení. Citlivosti je u tohoto přímozesilujícího přijímače dosaženo tím, že v jeho vf části jsou použity dva křemíkové tranzistory, které se vyznačují velkým proudovým zesílením a malým šumem.

Přijímač lze jednoduchou úpravou rozšířit i o poslech vysílačů na dlouhých vlnách.

Schéma přijímače je na obr. 10. Vysokofrekvenční díl přijímače je osazen dvěma tranzistory KC238. Ladicí kondenzátor má kapacitu stejnou jako v předcházejících konstrukcích, tj. 220 pF. Stejně jako u předchozího přijímače je provedena i feritová anténa.



Obr. 8. Obrazec spojů přijímače do dílny 1 podle obr. 7 (měř.: 1 : 1)



Obr. 6. Rozmístění součástek na desce přijímače do dílny 1 podle obr. 7

Signál zachycený feritovou anténou je z laděného obvodu L1, C1 transformován do vinutí L2. Tranzistor T1 v zapojení se společným kolektorem je buzen z vinutí L2 do báze a v emitoru na rezistoru R2 se objeví vysokofrekvenční napětí. Toto vf napětí je přiváděno na bázi tranzistoru T2, kterým je vf signál zesilován. Velikost zesílení je nastavena rezistory R3 a R4.

Zesílený vf signál je z kolektoru T2 veden přes keramický kondenzátor C4 na demodulátor, který je zapojen jako zdvojovač napětí s diodami D1 a D2.

Demodulovaný nf signál je veden na potenciometr P1. K filtraci nežádoucího vf signálu a blokování napájecího napětí slouží keramické kondenzátory C2, C3, C5, C8 a elektrolytický kondenzátor C6.

Zapojení koncového stupně je stejné jako u předcházející konstrukce. Regulovaný nízkofrekvenční signál je veden z běžce potenciometru P1 přes dolní propust *RC* (složenou z rezistoru R5 a kondenzátoru C9) do integrovaného obvodu IO1 typu LM386. Tento integrovaný obvod obsahuje předzesilovač i výkonový koncový stupeň. Výstupní signál na vývodu *5* IO1 je přes oddělovací elektrolytický kondenzátor C13 přiváděn na reproduktor RE1. K obvodu IO1 je zapojeno podle doporučení výrobce několik nezbytných filtračních a blokovacích kondenzátorů C7, C10, C11, C12, C13 a C14.

Reproduktor RE1 by měl mít průměr alespoň 63 mm a impedanci 4 až 8 Ω. Reproduktor s menší impedancí má podstatně větší akustický výkon, ale na druhou stranu výdrž baterie s ním je podstatně menší. Proto je vhodnější variantu s reproduktorem 4 Ω použít u přijímače napájeného ze stabilizovaného zdroje.

Přijímač je napájen napětím 4,5 V z ploché baterie nebo ze tří tužkových článků nebo ze síťového stabilizovaného zdroje.

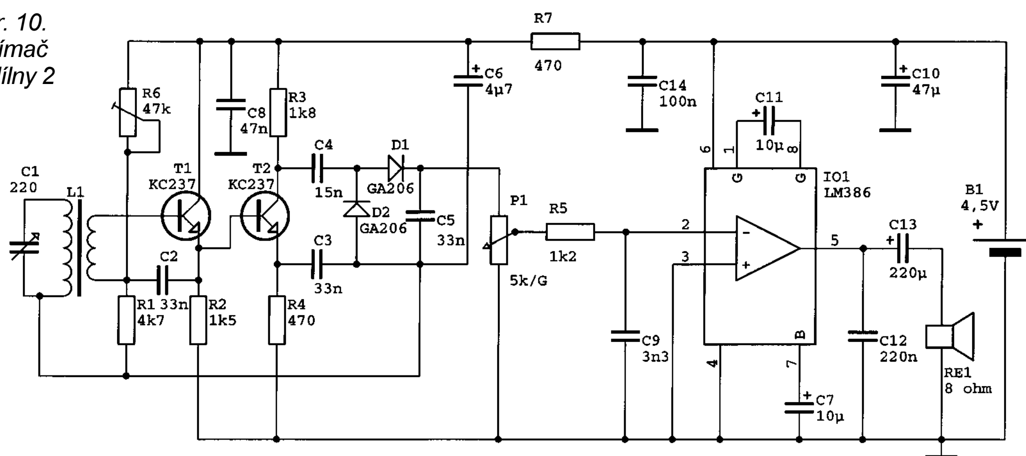
Součástky přijímače jsou připájeny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 11, rozmístění součástek na desce je na obr. 12.

Vstupní tranzistory lze použít z řady KC237 až KC239, KC507 až KC509 nebo KF506 až KF508.

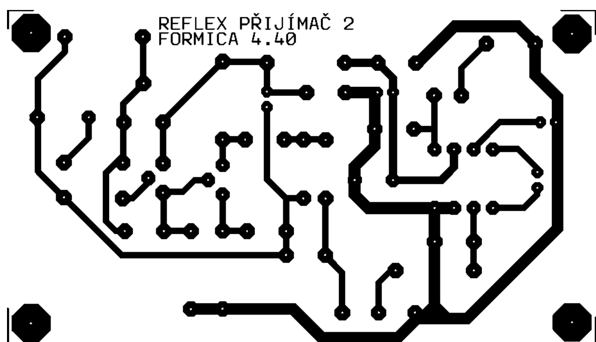
Trimrem R6 se nastaví nezkreslený příjem vysílaného pořadu.

Seznam součástek přijímače z obr. 10

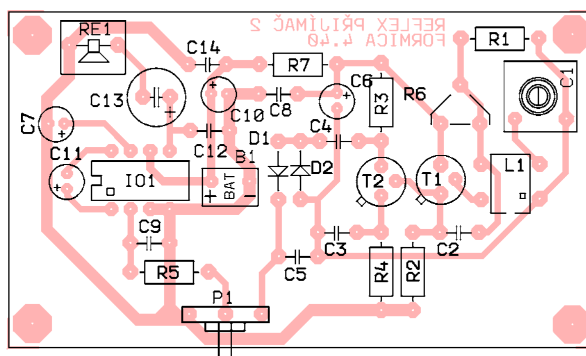
R1	4,7 kΩ, miniaturní
R2	1,5 kΩ, miniaturní
R3	1,8 kΩ, miniaturní
R4	470 Ω, miniaturní
R5	1,2 kΩ, miniaturní
R6	47 kΩ, trimr
R7	470 Ω, miniaturní
P1	5 kΩ/log., potenciometr
C1	220 pF, otočný
C2	33 nF, keramický
C3	33 nF, keramický
C4	15 nF, keramický



Obr. 10. Přijímač do dílny 2



Obr. 11. Obrazec spojů přijímače do dílny 2 (měř.: 1 : 1)



Obr. 12. Rozmístění součástek na desce přijímače do dílny 2

C5	33 nF, keramický
C6	4,7 μF/35 V, radiální
C7	10 μF/35 V, radiální
C8	47 nF, keramický
C9	3,3 nF, keramický
C10	47 μF/35 V, radiální
C11	10 μF/35 V, radiální
C12	220 nF, fóliový
C13	220 μF/16 V, radiální
C12	220 nF, fóliový
C14	100 nF, fóliový
L1, L2	viz text
D1	GA206
D2	GA206
T1	KC237
T2	KC237
IO1	LM386
RE1	reproduktor 4 až 8 Ω
BAT1	baterie, 4,5 V

deska s plošnými spoji:
REFLEX PŘIJÍMAČ 2

Moderní středovlnný přijímač

Tento přijímač středovlnných rozhlasových vysílačů využívá ke své činnosti obvod řady NE555 v provedení CMOS.

Schéma přístroje je na obr. 13. Vysokofrekvenční signál je zachycován feritovou anténou. Rezonančním obvodem L1, C1 vyladíme stanici, kterou chceme poslouchat. Nízkofrekvenční signál, který je amplitudově namodulován na vf nosné, nejdříve demodulujeme diodou D1. Nf signál pak vedeme přes vazební kondenzátor C4 a dvojici antiparalelně zapojených diod přímo na vstup nf zesilovače.

Nf zesilovač je tvořen netradičně využitým časovačem CMOS 555 (IO1). Aby časovač zesiloval, je doplněn nezbytnými součástkami R2, R3, C5, C6 a filtračními kondenzátory C7 a C8.

K výstupu IO1 je připojen přes oddělovací kondenzátor C9 koncový zesilovač s tranzistorem T1. Pracovní bod T1 a nezkreslenou reprodukci nastavíme trimrem R4. V kolektoru T1 je zapojeno telefonní sluchátko s impedancí 50 Ω. Časovou konstantu demodulátoru si můžeme upravit změnou hodnot součástek C3 nebo R1. Feritová anténa s cívkami L1 a L2 a ladicí kondenzátor C1 jsou stejné jako u předcházejících přijímačů.

Přijímač je napájen z ploché baterie 4,5 V. Odevzdaný akustický výkon je dostatečný k ozvučení místnosti.

Pokud paralelně k ladicímu kondenzátoru C1 přidáme další svitkový kondenzátor o kapacitě asi 1 nF, můžeme poslouchat dlouhovlnný vysílač Praha.

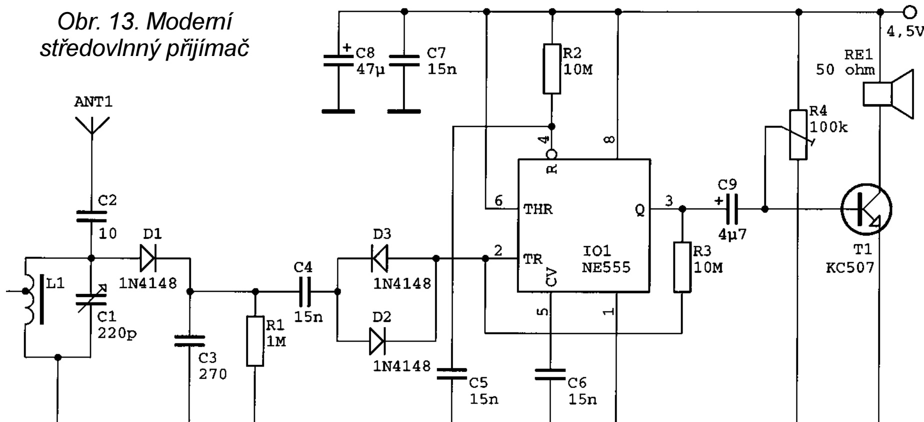
Když připojíme uzemnění a jako anténu použijeme asi 1 m izolovaného drátu, zachytíme přes den až čtyři středovlnné vysílače a večer ještě mnoho dalších.

Součástky přijímače jsou připájeny na desce s jednostrannými plošnými spoji (obr. 14 a obr. 15).

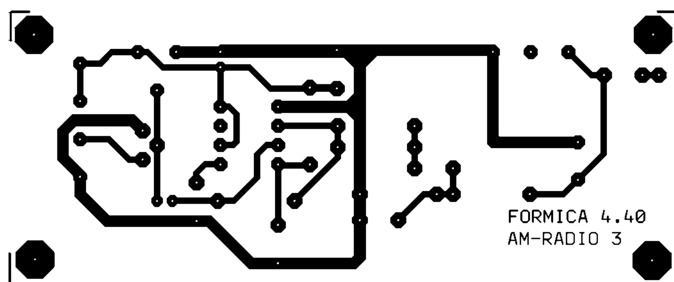
NPN tranzistor T1 může být typu KC237 až KC239, KC507 až KC509, KF506 až KF508 apod. Opět i tento přijímač nevykazuje žádné záludnosti a při pečlivé montáži a pájení pracuje na první zapojení.

Seznam součástek přijímače z obr. 13

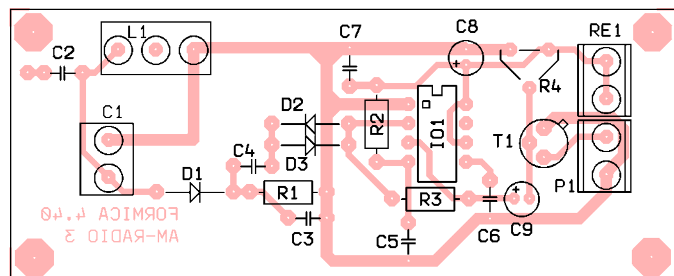
R1	1 MΩ, miniaturní
R2	10 MΩ, miniaturní
R3	10 MΩ, miniaturní
R4	100 kΩ, trimr
C1	220 pF, otočný
C2	10 pF, keramický



Obr. 13. Moderní středovlnný přijímač



Obr. 14. Obrazec spojů modemího středovlnného přijímače (měř.: 1 : 1)



Obr. 15. Rozmístění součástek na desce modemího středovlnného přijímače

Pozn. red.: U přijímačů napájených ze sítě působí síťový přívod jako uzemnění. Vypínáním usměrňovacích diod se toto uzemnění přerušuje a tím se v rytmu síťového kmitočtu mění síla přijímaného signálu. U některých přijímačů se tyto změny síly signálu projevují po demodulaci (demodulátorem AM) jako brum v nf signálu přijímané stanice.

Aby se tento jev odstranil, je vhodné u napájecích zdrojů pro přijímače přemostit usměrňovací diody paralelními fóliovými nebo keramickými kondenzátory o kapacitě 47 až 100 nF, dimenzovanými na dostatečné provozní napětí (u popisovaného zdroje postačí kondenzátory s provozním napětím 63 nebo 100 V). Tyto kondenzátory působí pro vf signál jako zkrat, takže uzemnění je trvalé a vypínání usměrňovacích diod se neuplatní. Kondenzátory připájejte paralelně k diodám ze strany spojů.

C3	270 pF, keramický
C4	15 nF, keramický
C5	15 nF, keramický
C6	15 nF, keramický
C7	15 nF, keramický
C8	47 µF/35 V, radiální
C9	4,7 µF/35 V, radiální
L1, L2	viz text
D1	1N4148
D2	1N4148
D3	1N4148
T1	KC507
IO1	NE555
RE1	reproduktor 50 Ω

deska s plošnými spoji AM-RADIO 3

Napájecí zdroj

Při dlouhodobém využívání velké hlasitosti u rádiových přijímačů se rychle vyčerpá kapacita napájecí ploché baterie. Proto je vhodnější používat (především při větším reproduktoru) napájecí stabilizovaný zdroj, který svou konstrukcí, jednoduchostí a výkonem splní požadavky odběru příslušného koncového stupně.

Schéma napájecího zdroje je na obr. 16. Zapojení zdroje je zcela běžné. Síťové napětí je transformátorem zmenšeno na 6,0 V (efektivní hodnota střídavého napětí) a následně můstkem s diodami D1 až D4 usměrněno. Kondenzátory C1, C2, C3 a C4 jsou filtrační - vyhlazují stejnosměrné napětí a odstraňují z něj rušivé složky na výstupu, které by se projevily zvětšeným brumem v reprodukci. Výstupní napětí je stabilizováno stabilizátorem řady 78XX a vedeno přes trubičkovou skleněnou pojistku na výstupní svorkovnici P2.

Na stabilizátoru napětí MA7806 je připevněn hliníkový chladič, který je v místě styku lehce potřen silikonovou vazelínou.

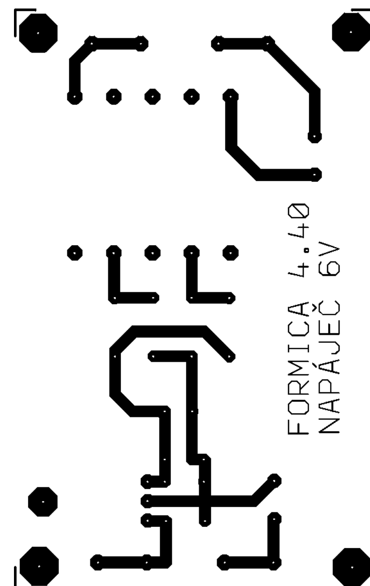
Součástky napájecího zdroje jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 17, rozmístění součástek na desce je na obr. 18.

Síťový transformátorek je v provedení do plošných spojů. Pokud chceme použít jiný typ (s jinou roztečí vývodů), lze ho použít, jen se neosadí na desku s plošnými spoji.

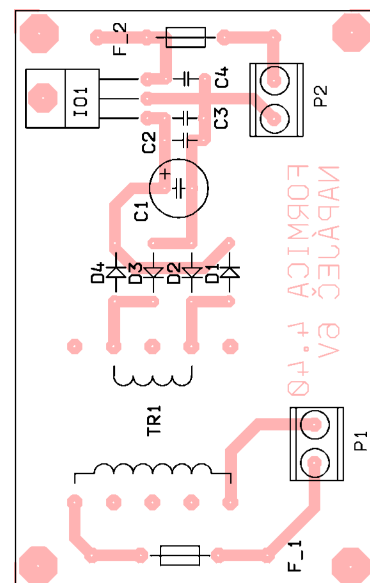
Seznam součástek

C1	470 µF/16 V, radiální
C2	100 nF, keramický
C3	100 nF, keramický
C4	100 nF, keramický
D1	1N4003
D2	1N4003
D3	1N4003
D4	1N4003
IO1	7806
F_1	pojistka 63 mA
F_2	pojistka 315 mA
pojistkové držáky (dva kusy)	
P1	svorkovnice ARK500/2
P2	svorkovnice ARK500/2
TR1	transformátor 230 V/5 V/1,9 VA

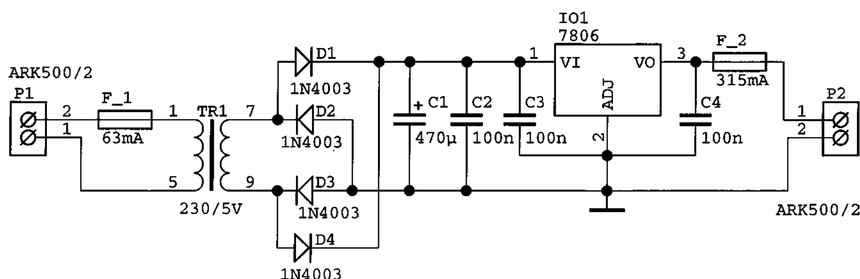
deska s plošnými spoji: NAPÁJEČ 6V



Obr. 17. Obrazec spojů napájecího zdroje (měř.: 1 : 1)



Obr. 18. Rozmístění součástek na desce napájecího zdroje



Obr. 16. Napájecí zdroj

Přístroje pro dílnu a domácnost

Časový spínač do 100 s s tlačítky start a stop

K řešení tohoto časového spínače, který najde uplatnění např. ve fotolaboratoři, při hraní „dámy” nebo při zhasínání světla po opuštění místnosti apod., lze s výhodou použít integrovaný časovací obvod NE555C (CMOS).

Schéma časovače je na obr.19. Obvod NE555C je zapojen jako monostabilní klopný obvod (MKO). Časová konstanta nabíjení je určena kapacitou elektrolytického kondenzátoru C1. Předpokládejme, že kondenzátor C1 je vybitý téměř na nulové napětí a že na vstupu (na vývodu 2) IO1 je napětí větší než $U_n/3$ (U_n je napájecí napětí). Díky tomu MKO není spuštěn a na výstupu (na vývodu *3*) IO1 je napěťová úroveň L.

V okamžiku, kdy MKO spustíme (tím, že tlačítkem S1 START zmenšíme napětí na vývodu *2* IO1 pod $U_n/3$), výstup IO1 se překlopí do úrovně H a C1 se začne nabíjet až do doby, než napětí na vývodu *6* IO1 dosáhne velikosti $2 \cdot U_n/3$. Pak se výstup IO1 opět překlopí zpět do úrovně L a zapne se vybíjení kondenzátoru C1. Za nějakou dobu se C1 téměř vybije (tato doba nemá vliv na stav výstupu IO1) a MKO se tak uvede do výchozího stavu.

Rychlost nabíjení kondenzátoru C1 je závislá na úhlu natočení potenciometru P1. Odpor rezistoru R1 určuje dobu, za kterou se C1 vybije na zbytkové napětí, a jeho velikost by neměla být menší než 1 kΩ.

Na výstup IO1 je připojeno relé, kterým se může ovládat další signální zařízení (např. žárovka, bzučák apod.) nebo dávat sepnutím impuls do dalších obvodů.

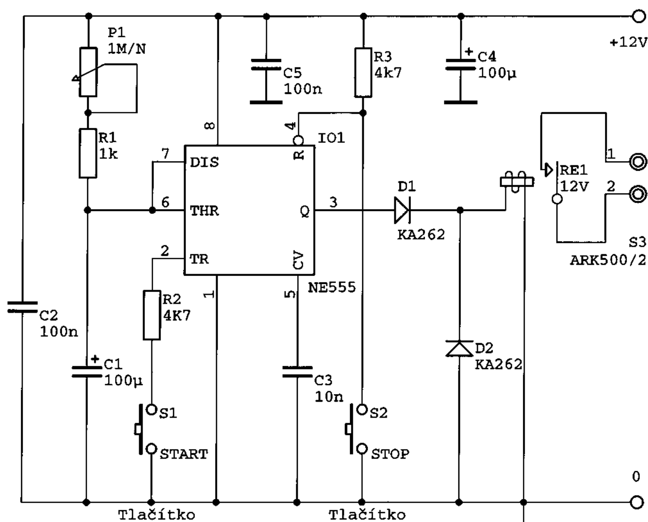
Pokud potenciometr opatříme knoflíkem s kotoučkem z organického skla, můžeme pomoci stopek ocejchovat jednotlivé časy sepnutí. Nepřesnost nastavení délky spínacích časů je zanedbatelná a v běžné praxi vyhovuje pro nejširší použití.

Pokud chceme činnost obvodu kdykoliv přerušit, stiskneme tlačítko S2 STOP, které je spojené s nulovacím vstupem R (vývodem *4)* IO1.

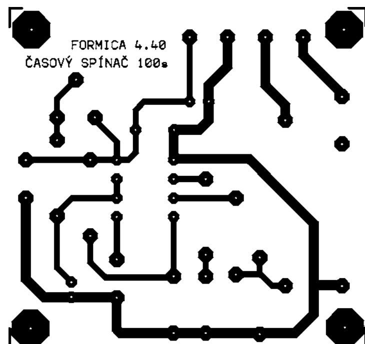
Časový spínač může být napájen napětím o velikosti 5 až 15 V, vzhledem k použitému relé doporučuji využít napájecí napětí 12 V.

Zapojení časového spínače ještě doplňují filtrační a blokovací kondenzátory C2, C3, C4 a C5.

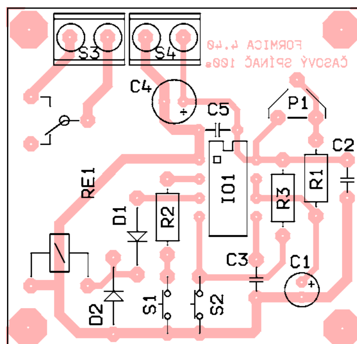
Součástky časového spínače jsou připájeny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 20, rozmístění součástek na desce je na obr. 21.



Obr. 19. Časový spínač



Obr. 20. Obrazec spojů časového spínače (měř.: 1 : 1)



Obr. 21. Rozmístění součástek na desce časového spínače

Seznam součástek

R1	1 kΩ/0,6 W/1 %, metal.
R2	4,7 kΩ/0,6 W/1 %, metal.
R3	4,7 kΩ/0,6 W/1 %, metal.
P1	1 MΩ/lin., potenciometr TP160
C1	100 μF/16 V, radiální
C2	100 nF, keramický
C3	10 nF, keramický
C4	100 μF/16 V, radiální
C5	100 nF, keramický
D1	KA262 (1N4148)
D2	KA262 (1N4148)
IO1	NE555C
RE1	relé 12 V
S1	tlačítko P-DT6XX
S2	tlačítko P-DT6XX
S3	svorkovnice ARK 500/2
S4	svorkovnice ARK 500/2

deska s plošnými spoji: AM-RADIO 3

Regulátor teploty vyhřívacího tělesa v akváriu

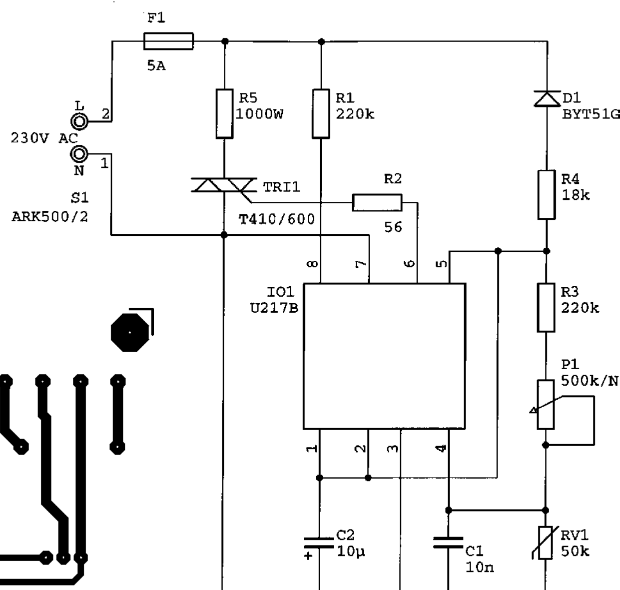
Existuje mnoho návodů na zařízení pro udržování správné teploty vody v akváriu. Mně se velice osvědčil pro svou jednoduchost a spolehlivost regulátor teploty, jehož schéma je na obr. 22.

Jako řídicí obvod regulátoru je použit moderní integrovaný obvod U217B (IO1), který je zapojen podle doporučení výrobce. V podstatě se jedná o jakýsi druh komparátoru, který neustále vyhodnocuje odpor termistoru RV1 (odpovídající skutečné teplotě vody v akváriu) a porovnává jej s odporem lineárního potenciometru P1, kterým se nastavuje požadovaná teplota vody. Podle poměru těchto odporů regulátor ovládá výkon vyhřívacího tělesa R5 ohřívajícího vodu tak, aby se teplota vody rovnala požadované teplotě.

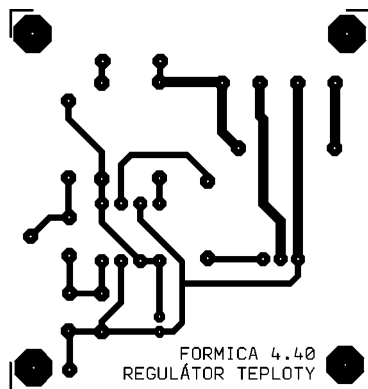
K regulaci výkonu vyhřívacího tělesa je využit princip periodického vypouštění různě velkých skupin celých period síťového napětí. Síťové napětí se spíná při průchodu nulou triakem TRI1.

Odpor rezistoru R3 určuje dolní mezní nastavitelnou teplotu 15 °C. Protože potenciometr P1 má lineární odporovou dráhu, je závislost nastavení požadované teploty v rozsahu 15 až 30 °C na úhlu natočení potenciometru P1 rovněž lineární.

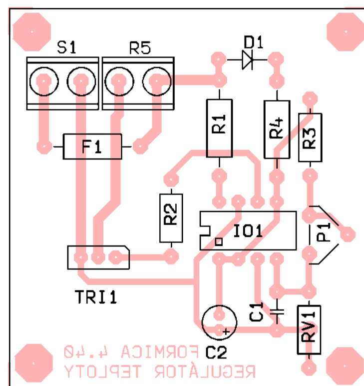
Maximální příkon vyhřívacího tělesa při použitém typu triaku s chladičem může být až 1000 W (4 A). Jelikož vyhřívací tělesa pro akvaristy mají pod-



Obr. 22. Regulátor teploty vyhřívacího tělesa v akváriu



Obr. 23. Obrazec spojů regulátoru teploty (měř.: 1 : 1)



Obr. 24. Rozmístění součástek na desce regulátoru teploty

statně menší příkon, nemusí se při jejich použití triak nijak chladit.

Regulátor je napájen přímo ze sítě napětím 230 V/50 Hz. Napájecí napětí se „sráží“ rezistorem R4, usměrňuje rychlou diodou D1 a vyhlazuje kondenzátorem C2. Napájecí proud obvodu je určen odporem 18 kΩ rezistoru R4, který musí být dimenzován minimálně na 2 W. Síťovým napětím přiváděným přes rezistor R1 na vývod *8* IO1 se regulátor synchronizuje, aby triak spínal v nule. Protože na rezistoru R1 leží trvale plné síťové napětí, byl použit metaloxidový typ na zatížení 2 W.

Součástky regulátoru teploty jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 23, rozmístění součástek na desce je na obr. 24.

Konstrukce nemá žádné záludnosti a při dodržení předepsaných součástek a bezpečnosti práce pracuje po pečlivém osazení na první zapojení.

Regulátor teploty vyhřívacího tělíska v akváriu je vhodné umístit do izolační plastové krabičky.

Seznam součástek

R1	220 kΩ/2 W, metaloxid
R2	56 Ω/0,6 W/1 %, metal.
R3	220 kΩ/0,6 W/1 %, metal.
R4	18 kΩ/2 W, metaloxid
R5	topné těleso (max. 230 V/1000 W)
RV1	termistor 50 kΩ
P1	500 kΩ/lin., potenciometr
C1	10 nF, keramický
C2	10 µF/35 V, radiální
D1	BYT51G
TRI1	T410/600
IO1	U217B
F1	pojistka 5 A

pojistkový držák (1 kus)

S1	svorkovnice ARK500/2
R5	svorkovnice ARK500/2

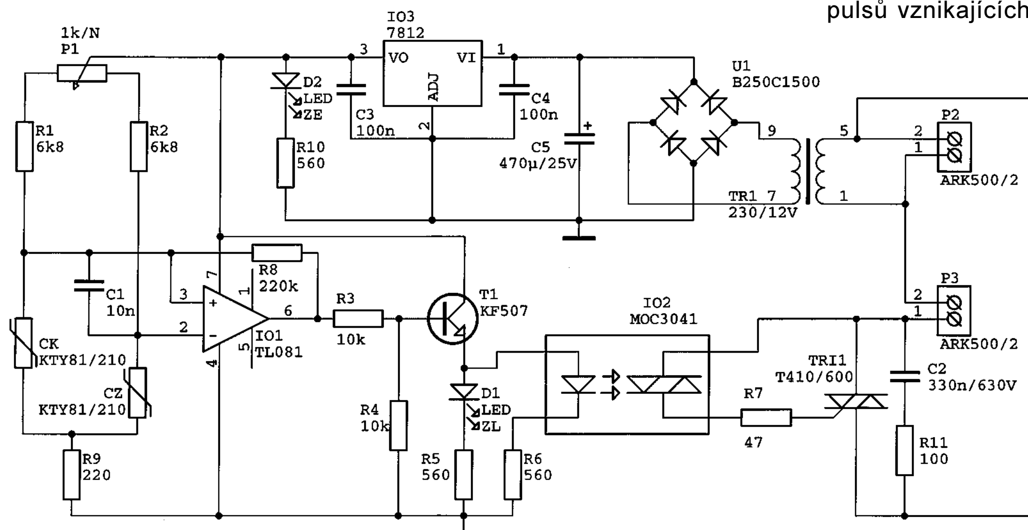
deska s plošnými spoji:
REGULÁTOR TEPLOTY

Regulátor pro sluneční kolektor

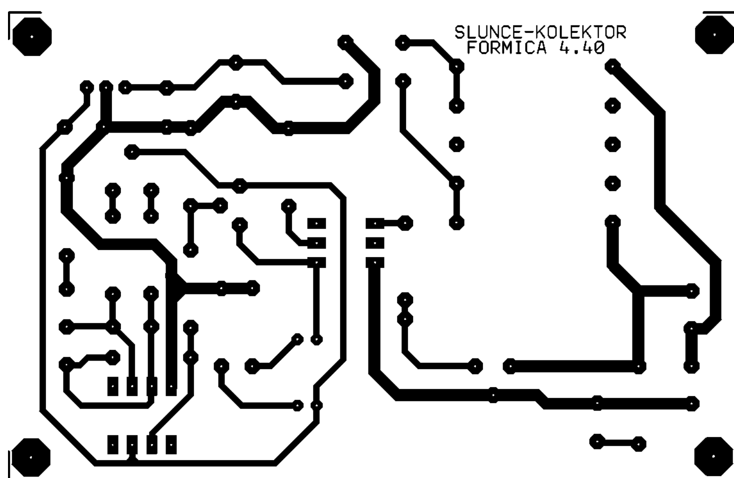
S neustálým růstem cen za zemní plyn a vodu jsem byl nucen i já zaměřit svoji pozornost na alternativní zdroje energií při vytápění rodinného domu. Po dlouhých úvahách jsem se rozhodl využít sluneční energii a tuto energii přeměnit pomocí slunečních kolektorů na energii tepelnou, kterou se ohřívá užitková voda na umývání nádobí a na koupání celé rodiny. Po různém experimentování a laborování vzniklo spolehlivé zapojení regulátoru pro sluneční kolektor, jehož schéma je na obr. 25.

Zařazení pracuje na principu porovnávání teplot vody ve slunečním kolektoru a v zásobníku teplé užitkové vody.

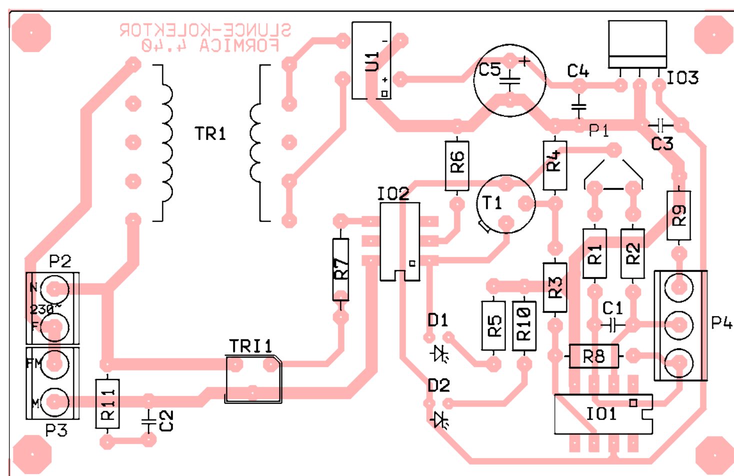
Na snímání těchto teplot jsou použita dvě polovodičová čidla KTY 81/210 nebo KTY210/2000 s odporem 2 kΩ při teplotě 25 °C. Tato čidla jsou zapojena do série s rezistory R1, R2 a potenciometrem P1. Napětí z těchto odporových děličů se přivádí na operační zesilovač IO1, který je neustále porovnává. Jakmile je teplota slunečního kolektoru vyšší o předem nastavený teplotní rozdíl než teplota teplé užitkové vody v zásobníku, objeví se na výstupu IO1 vysoká úroveň napětí. Následně se napětím z odporového děliče R3 a R4 otevře tranzistor T1. Přechodem kolektor-emitor tohoto tranzistoru se připojí kladné napájecí napětí na anody LED D1 a vnitřní LED v optočlenu IO2. Svitem LED v IO2 se vybudí vnitřní optotriak. Ten přes rezistor R7 sepne výkonový triak TRI1 a uvede do činnosti oběhové čerpadlo. K potlačení rušivých pulsů vznikajících při spínání triaku



Obr. 25. Regulátor pro sluneční kolektor



Obr. 26. Obrazec spojů regulátoru pro sluneční kolektor (měř.: 1 : 1)



Obr. 27. Rozmístění součástek na desce regulátoru pro sluneční kolektor

TRI1 je použit odrušovací filtr složený z rezistoru R11 a svitkového kondenzátoru C2. Jakmile teplota vody ve slunečním kolektoru klesne pod teplotu vody v zásobníku, čerpadlo se vypne.

Ke zvýšení stability regulátoru je v úhlopříčce teplotních čidel zapojen keramický kondenzátor C1 a operační zesilovač IO1 má rezistorem R8 zavedenu hysterezi (hystereze zavádí jakési „zpoždění“ dějů probíhajících v regulačním obvodu).

Napájecí zdroj pro regulátor je běžného zapojení se stabilizátorem řady 7812 (IO3). Síťový transformátor TR1 je v provedení do plošných spojů. Napětí ze sekundárního vinutí transformátoru se usměrňuje integrovaným diodovým můstkem a filtruje elektrolytickým kondenzátorem C5. Keramické kondenzátory C3 a C4 zvětšují stabilitu napáječe. Zapnutí regulátoru signalizuje zelená LED D2, zapnutí čerpadla signalizuje žlutá LED D1.

Součástky regulátoru jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 26, rozmístění součástek na desce je na obr. 27.

Všechny propojovací body regulátoru s vnějším prostředím (čidla teploty, síť atd.) jsou vyvedeny na šroubovací svorkovnice. Síťové napětí se přivádí na svorkovnici P2, motor čerpadla je připojen na svorkovnici P3 a čidla na svorkovnici P4 (na schématu není nakreslena).

Oživení a nastavení regulátoru nečiní při pečlivé práci a použití proměřených součástek nejmenší problémy.

Po osazení desky k ní připojíme čidla teploty a napájecí napětí. Změříme klidový proud, který by měl být při nerozsvícené diodě D1 asi 30 až 40 mA. Pootáčením trimru P1 (do krajních poloh) se na jednu stranu rozsvítí a na druhou stranu zhasne LED D1. Rozdíl teplot nastavíme definitivně až při činnosti spolu s kolektorem a zásobníkem.

Seznam součástek

R1	6,8 kΩ, miniaturní
R2	6,8 kΩ, miniaturní
R3	10 kΩ, miniaturní
R4	10 kΩ, miniaturní
R5	560 Ω, miniaturní
R6	560 Ω, miniaturní
R7	47 Ω, miniaturní
R8	220 kΩ, miniaturní
R9	220 Ω, miniaturní
R10	560 Ω, miniaturní
R11	100 Ω, miniaturní
P1	1 kΩ/lin., potenciometr
C1	10 nF, keramický
C2	330 nF/630 V, fóliový
C3	100 nF, keramický
C4	100 nF, keramický
C5	470 μF/25 V, radiální
CK	KTY81/210
CZ	KTY81/210
D1	LED, žlutá
D2	LED, zelená
U1	B250C1500
T1	KF507
TRI1	T410/600
IO1	TL081
IO2	MOC3041
IO3	7812
P2	svorkovnice ARK500/2
P3	svorkovnice ARK500/2
P4	svorkovnice ARK500/3
TR1	transformátor 230 V/12 V/1,9 VA

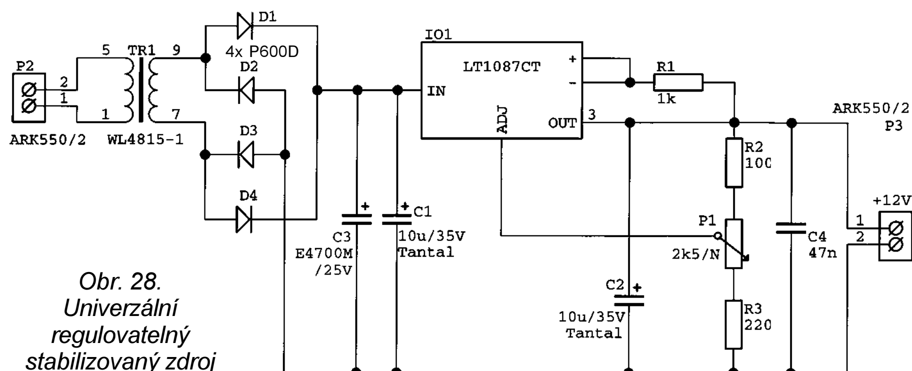
deska s plošnými spoji: SLUNCE-KOLEKTOR

Univerzální regulovatelný stabilizovaný zdroj

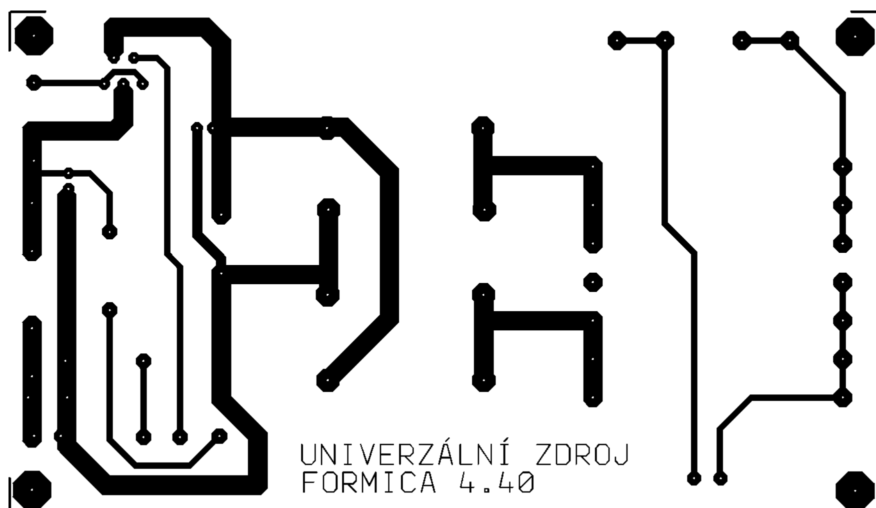
Při napájení, oživování a zkoušení nejrůznějších zařízení potřebujeme zdroj stejnosměrného napětí s velice dobrou stabilitou, malým zvlněním výstupního napětí a s co nejmenšími rušivými napětími na výstupu. Zároveň zapojení součástek a oživení tohoto zdroje by mělo být pro amatéra co nejjednodušší.

Schéma zdroje, který splňuje všechny tyto požadavky, je na obr. 28. Síťové napětí je zmenšováno transformátorem TR1 a usměrňováno čtyřmi diodami D1 až D4. Pulsující stejnosměrné napětí je filtrováno a vyhlazováno elektrolytickými kondenzátory C1 (tantalový) a C3.

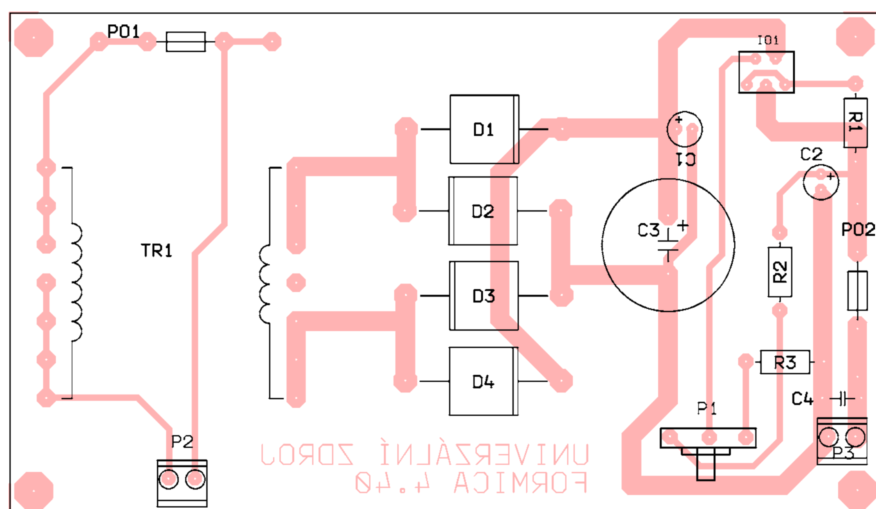
Celý regulační obvod je tvořen integrovaným obvodem IO1 typu LT1087CT



Obr. 28. Univerzální regulovatelný stabilizovaný zdroj



Obr. 29. Obrazec spojů univerzálního zdroje (měř.: 1 : 1)



Obr. 30. Rozmístění součástek na desce univerzálního zdroje

v plastovém pouzdru TO220. Pokud někomu toto pouzdro nevyhovuje, může použít i typ LT1087CK (MK), který je v kovovém pouzdru. Výstupní napětí zdroje se nastavuje potenciometrem P1, který spolu s rezistory R2, R3 tvoří proměnný odporový dělič. Nejmenší výstupní napětí zdroje je asi 1,25 V a největší asi 15 V (při použití transformátoru podle seznamu součástek se sekundárním napětím 15 V).

Použijeme-li transformátor s větším sekundárním napětím, může zdroj dodávat i větší napětí než 15 V (největší povolené výstupní napětí obvodu LT1087 je 35 V). V tom případě musíme upravit odpory rezistorů R2 a R3 a použít kondenzátory s větším provozním napětím.

Na výstupní svorky zdroje je zapojen keramický blokovací kondenzátor C4. Pro měření výstupního napětí můžeme do zdroje vestavět ručkový panelový měřicí přístroj MP 40 nebo MP 80 s rozsahem 20 V.

Výstupní proud zdroje dosahuje až 5 A, ale s ohledem na transformátor, který je určen k montáži do plošných spoj, můžeme odebírat proud do 2 A.

Tento napájecí zdroj úspěšně využívám i k dobíjení autobaterie.

Součástky univerzálního zdroje jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 29, rozmístění součástek na desce je na obr. 30.

Obvod IO1 je namontován přes izolační slídovou podložku na dostatečně dimenzovaný hliníkový chladič. Plochy, přes které přechází teplo, je nutné jemně potřít tepelně vodivou pastou.

Seznam součástek

R1	1 kΩ, miniaturní
R2	100 Ω, miniaturní
R3	220 Ω, miniaturní
P1	2,5 kΩ/lin., potenciometr
C1	10 μF/35 V, tantalový
C2	10 μF/35 V, tantalový
C3	4700 μF/35 V, radiální
C4	47 nF, keramický
D1	P600D
D2	P600D
D3	P600D
D4	P600D
IO1	LT1087CT
PO1	pojistka
PO2	pojistka
pojistkové držáky (dva kusy)	
P2	svorkovnice ARK550/2
P3	svorkovnice ARK550/2
TR1	síťový transformátor, 230 V/15 V/33 VA
chladič pro IO1	

deska s plošnými spoji:
UNIVERZÁLNÍ ZDROJ

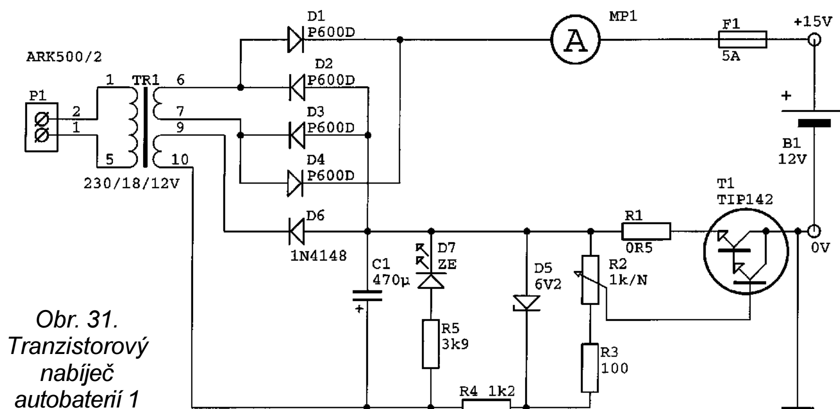
Tranzistorový nabíječ autobaterií 1

Další oblíbenou oblastí činnosti radioamatéra je konstrukce nabíječů akumulátorů. Nabíječe mohou mít nejrůznější výstupní charakteristiky, mezi nejvíce používané patří charakteristika *I* (tj. nabíjení konstantním proudem) a charakteristika *U* (tj. nabíjení při konstantním napětí). I já vám předkládám dvě zapojení s výstupní charakteristikou *I*, která se s určitými obměnami používají dodnes.

Schéma tranzistorového nabíječe 1 je na obr. 31. Síťový transformátor TR1 má na sekundární straně dvě vinutí, jedno pracovní 18 V/6 A (k napájení zdroje nabíjecího proudu) a jedno pomocné 12 V/0,4 A (k vytvoření referenčního napětí).

Referenční napětí se získává na stabilizační Zenerově diodě D5 po usměrnění a vyfiltrování střídavého napětí diodou D6 a elektrolytickým kondenzátorem C1.

Tranzistor T1 je Darlingtonův a jeho proudový zesilovací činitel h_{21E} je součinem proudového zesílení obou vnitřních tranzistorů. Tranzistor T1 je zapojen jako zdroj proudu, jehož velikost je určena odporem bočníku R1 a řídicím napětím mezi běžcem a horním vývodem potenciometru R2, které je odvo-



Obr. 31. Tranzistorový nabíječ autobaterií 1

Obr. 32. Obrazec spojů tranzistorového nabíječe 1 (měř.: 1 : 1)

Obr. 33. Rozmístění součástek na desce tranzistorového nabíječe 1

zeno z referenčního napětí. Kolektorový proud (a tedy i nabíjecí proud akumulátoru) tranzistoru T1 má takovou konstantní velikost, při které je jím vytvořený úbytek napětí na bočníku R1 roven řídicímu napětí z potenciometru R2 zmenšenému o úbytky napětí na přechodech báze-emitor vnitřních tranzistorů Darlingtonova tranzistoru T1.

Potenciometrem R2 (změnou řídicího napětí) lze nabíjecí proud plynule regulovat od nuly do maximální velikosti 5 A. Odporem rezistoru R3 lze nastavit maximální velikost nabíjecího proudu.

Pokud nemáme bočník R1 pro zatížení 20 W podle seznamu součástek, můžeme ho složit z několika paralelně zapojených výkonových rezistorů.

Výstupní nabíjecí proud se měří ručkovým panelovým ampérmetrem. Pokud umístíme pod knoflík potenciometru R2 na panelu nabíječe stupnici a ocejchujeme ji ve velikostech výstupního proudu, lze ampérmetr vypustit.

Použité zapojení umožňuje uzemnit záporný pól výstupu nabíječe na kostru (chassis), a proto může být chladič tranzistoru T1 součásti kostry (skříňky) nabíječe. Chladič tranzistoru T1 musí být dostatečně dimenzován a je vhodné ho opatřit ofukovacím ventilátorem s elektronickou regulací. Vhodných zapojení takového elektronického ventilátoru bylo na stránkách odborných časopisů popsáno mnoho a lze použít i zapojení z dále popisované konstrukce pulsního nabíječe.

Součástky nabíječe 1 jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 32, rozmístění součástek na desce je na obr. 33.

Seznam součástek

R1	0,47 Ω/20 W, drátový
R2	1 kΩ/lin., potenciometr
R3	100 Ω, miniaturní
R4	1,2 kΩ, miniaturní
R5	3,9 kΩ, miniaturní
C1	470 μF/25 V, radiální
D1	P600D
D2	P600D
D3	P600D
D4	P600D
D5	BZX83V006.2 (Zenerova dioda 6,2 V/0,5 W)
D6	1N4148
D7	LED, zelená
T1	TIP142
F1	pojistka 5 A
pojistkový držák (1 kus)	
MP1	ručkový ampérmetr 5 A
P1	svorkovnice ARK500/2
TR1	transformátor 230 V/(18 V/6 A)/(12 V/400 mA)
deska s plošnými spoji: NABÍJEČ-I/5A	
B1	nabíjený akumulátor 12 V

Tranzistorový nabíječ autobaterií 2

Druhý tranzistorový nabíječ autobaterií pracuje v impulsním režimu, který výraznou měrou snižuje nároky na výstupní tranzistor a chladič pro tento tranzistor.

Jedná se o plně automatický nabíječ, který je doplněn indikací jednotlivých stupňů nabíjení diodami LED.

Nabíječ je vybaven ventilátorovou elektronickou jednotkou, která zlepšuje teplotní poměry uvnitř skříně nabíječe (skříň je typizovaná a vyrobená z plastu).

Nabíječ umožňuje nastavit střední nabíjecí proud plynule od nuly do 6 A nezávisle na napětí akumulátoru nebo napájecí sítě.

Tento nabíječ jsem již v minulosti publikoval, ale mnoho čtenářů mě žádá o opětovné otištění. Proto jsem uvedenou konstrukci inovoval a upravil chlazení a indikaci stavů. Pro chlazení výkonových součástek je použit chladič s ventilátorem určený pro procesory v osobních počítačích. To umožnilo podstatně zmenšit celkové rozměry desky s plošnými spoji.

Popis funkce

Schéma automatického tranzistorového nabíječe 2 je na obr. 34.

Napětí 16 V ze sekundárního silového vinutí síťového transformátoru TR1 se usměrňuje diodovým můstkem DM1. Toto vinutí je dimenzováno na proudový odběr 6 A, což pro většinu akumulátorů pro osobní automobily postačuje.

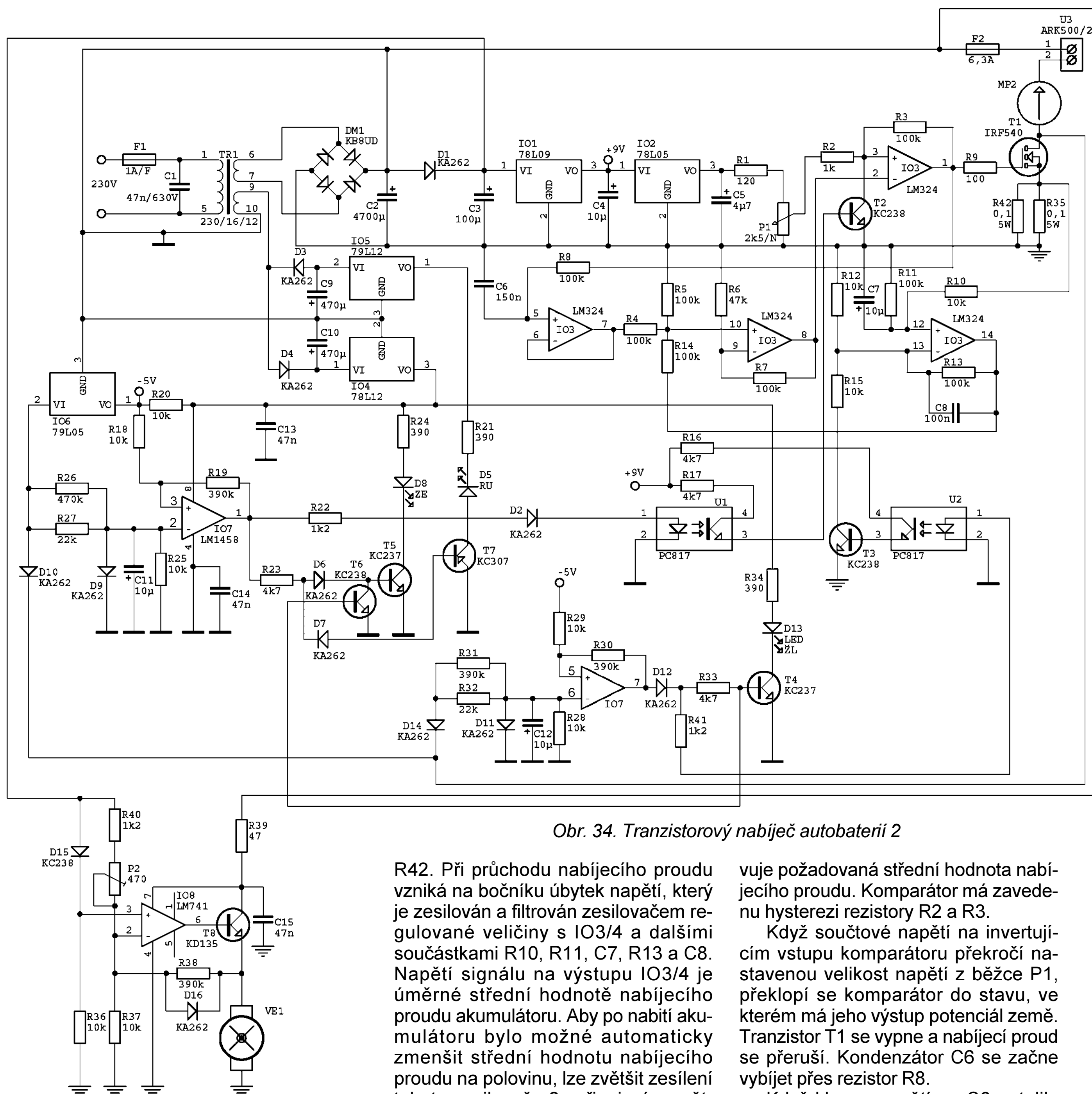
Z pomocného sekundárního vinutí 12 V/0,5 A se napájejí obvody řídicí elektroniky.

Pro transformátor lze použít jádro toroidní nebo složené z plechů EI. Z hlediska menšího rozptylového pole, rozměrů a váhy je vhodnější transformátor s jádrem toroidním, který je však dražší než transformátor s jádrem EI.

Na primární straně transformátoru je zapojen svitkový odrušovací kondenzátor C1, tavná skleněná trubičková pojistka F_1 a kolébkový spínač (na obr. 34 není nakreslen).

Usměrněné tepavé napětí ze silového vinutí je filtrováno elektrolytickým kondenzátorem C2 o kapacitě 4700 μF. Z kladného pólu tohoto kondenzátoru je vyvedena výstupní kladná svorka přes trubičkovou tavnou pojistku F_2.

Napětí pro napájení obvodů řídicí elektroniky výkonového stupně je odvozeno ze silového stejnosměrného napětí, od kterého je odděleno diodou D1. Toto napájecí napětí je dále filtrováno kondenzátorem C3 a stabilizováno monolitickými stabilizátory IO1 a IO2. Z výstupu IO1 se odebírá napájecí na-



Obr. 34. Tranzistorový nabíječ autobaterií 2

pětí +9 V a z výstupu IO2 referenční napětí +5 V.

Podle velikosti regulační odchylky, která je dána rozdílem mezi žádanou a skutečnou střední hodnotou nabíjecího proudu, se řídí střída nabíjecích impulsů, tj. poměr intervalů, během nichž nabíjecí proud prochází a neprochází olověným akumulátorem.

Regulační obvod je tvořen čtveřicí operačních zesilovačů (OZ) obsažených v IO3, které jsou zapojeny jako sledovač napětí (IO3/2 s vývody *5* až *7*), sčítací neinvertující zesilovač (IO3/3 s vývody *8* až *10*), komparátor (IO3/1 s vývody *1* až *3*) a zesilovač regulované veličiny (IO3/4 s vývody *12* až *14*).

Na výstup komparátoru IO3/1 je připojeno hradlo výkonového tranzistoru T1 typu V-MOS. V emitoru T1 je zapojen bočník složený z rezistorů R35 a R42. Při průchodu nabíjecího proudu vzniká na bočníku úbytek napětí, který je zesilován a filtrován zesilovačem regulované veličiny s IO3/4 a dalšími součástkami R10, R11, C7, R13 a C8. Napětí signálu na výstupu IO3/4 je úměrné střední hodnotě nabíjecího proudu akumulátoru. Aby po nabití akumulátoru bylo možné automaticky zmenšit střední hodnotu nabíjecího proudu na polovinu, lze zvětšit zesílení tohoto zesilovače 2x připojením zpětnovazebního rezistoru R15.

V kolektoru tranzistoru T1 je zapojeno panelové měřidlo MP2 s rozsahem 6 A (nebo 10 A).

Bázi tranzistoru T1 řídí komparátor s IO3/1, který zároveň přes rezistor R8 nabíjí a vybíjí kondenzátor C6. Kondenzátor C6 se nabíjí tehdy, když je na výstupu IO3/1 kladné saturační napětí U_n - 1,4 V (U_n je napájecí napětí IO3), kterým je otevřen T1 a sepnut nabíjecí proud akumulátoru.

Sčítací zesilovač IO3/3 sčítá napětí z kondenzátoru C6 (přiváděné přes oddělovací sledovač IO3/2) s napětím z výstupu zesilovače regulované veličiny IO3/4.

Součtové napětí z výstupu IO3/3 se přivádí na invertující vstup komparátoru IO3/1. Na neinvertující vstup komparátoru se přivádí napětí 0 až asi +5 V z potenciometru P1, kterým se nastavuje požadovaná střední hodnota nabíjecího proudu. Komparátor má zavedenu hysterezi rezistory R2 a R3.

Když součtové napětí na invertujícím vstupu komparátoru překročí nastavenou velikost napětí z běžce P1, překlopí se komparátor do stavu, ve kterém má jeho výstup potenciál země. Tranzistor T1 se vypne a nabíjecí proud se přeruší. Kondenzátor C6 se začne vybíjet přes rezistor R8.

Když klesne napětí na C6 natolik, že součtové napětí na invertujícím vstupu komparátoru poklesne pod nastavenou velikost napětí z běžce P1, překlopí se výstup komparátoru do stavu kladné saturace, tj. do výchozího stavu popisovaného cyklu.

Na výstupu komparátoru IO3/1 je tedy pravoúhlý signál, jehož střída se mění v závislosti na požadovaném nabíjecím proudu tak, že při větším proudu se prodlužuje ta část periody, ve které je otevřen (sepnut) výkonový tranzistor T1. Regulačním procesem se akumulátor vlastně neustále připojuje a odpojuje od stejnosměrného zdroje napětí. Při uvedených hodnotách součástek R8 a C6 a při střídě 1:1 je kmitočet spínání tranzistoru T1 nastaven na asi 90 Hz.

Popsanou regulační smyčkou je udržován nabíjecí proud nastavitelný ve velice širokých mezích. Toto však ne-

platí při zkratu na výstupních svorkách, kdy se zkratový proud zvětší o zhruba 50 % od nastavené velikosti.

Pulsní nabíječ je chráněn elektronickými obvody, které spouštějí nebo ukončují nabíjení tehdy, když překročí napětí akumulátoru nastavenou mez. Tyto obvody také chrání nabíječ při zkratu na výstupu a blokují jeho funkci při opačně připojeném akumulátoru.

Funkce nabíjení akumulátoru je zajištěna, pokud je správně zapojen na výstupní svorky nabíječe a pokud má alespoň minimální počáteční napětí. Při připojení úplně nového akumulátoru bez tohoto minimálního počátečního napětí bude ochrana okamžitě reagovat a nedovolí nabíjení.

Proto je nutno tuto ochranu na jednu hodinu provozu nabíječe vyřadit přepínačem, kterým se odpojí vývod *9* transformátoru TR1 od diod D3 a D4 (zruší se napájení ochranných obvodů). Po hodině nabíjení má již akumulátor dostatečné napětí.

Pak nabíječ odpojíme od baterie, zapneme ochrany a znovu připojíme akumulátor. Pak již vše funguje správně.

Napětí ze záporného pólu akumulátoru (z kolektoru T1) se přivádí přes oddělovací diody D10 a D14 do komparátorů IO7/1 (vývody *1* až *3*) a IO7/2 (vývody *5* až *7*), kterými jsou řízeny ochranné obvody.

Komparátor IO7/1 porovnává záporné napětí z akumulátoru (vhodně zmenšené odporovým děličem R26, R27 a R25) s referenčním napětím -5 V přiváděným z IO6 přes R18 na neinvertující vstup IO7/1. Pokud záporné napětí z akumulátoru schází, je na invertující vstup IO7/1 přivedeno přes rezistory R20 a R18 kladné napájecí napětí z IO4, kterým se výstup *1* IO7/1 překlopí do kladné úrovně, čímž se zablokuje nabíjení (přes diodu D2 a optočlen U1 se sepne tranzistor T2, kterým se uzemní neinvertující vstup komparátoru IO3/1). Tento stav je signalizován zelenou LED D8, která je vybuzena přes oddělovací diodu D6 tranzistor T5. LED D8 signalizuje konec nabíjení a akumulátor se nenabíjí.

Pokud se však přes D10 dostane na vstupy IO7/1 záporné napětí z akumulátoru, výstup IO7/1 se překlopí do záporné saturace a nabíjení probíhá v požadovaném proudovém rozsahu.

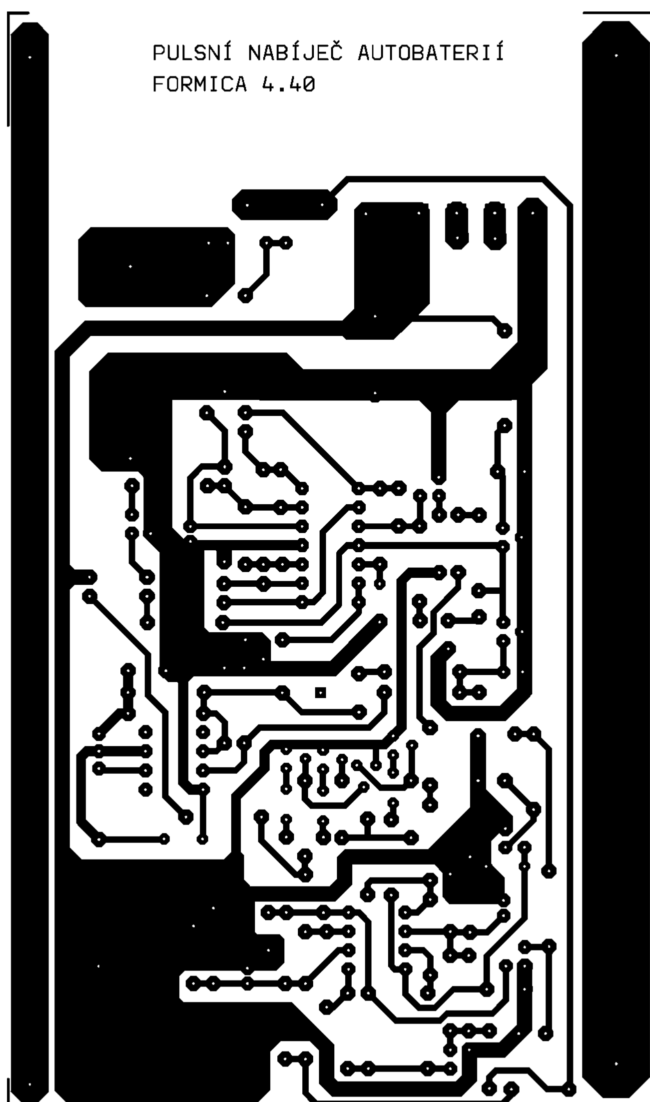
Nabíjení je indikováno červenou LED D5, která je sepnuta přes tranzistor T7. Tento tranzistor je řízen záporným saturačním napětím z výstupu IO7/1 přes oddělovací diodu D7.

Když dosáhne napětí na akumulátoru velikosti asi 15 V, překročí napětí na invertujícím vstupu *2* komparátoru IO7/1 velikost referenčního napětí na invertujícím vstupu *3* a výstup IO7/1 se překlopí do kladné saturace. Tím se nabíjení ukončí.

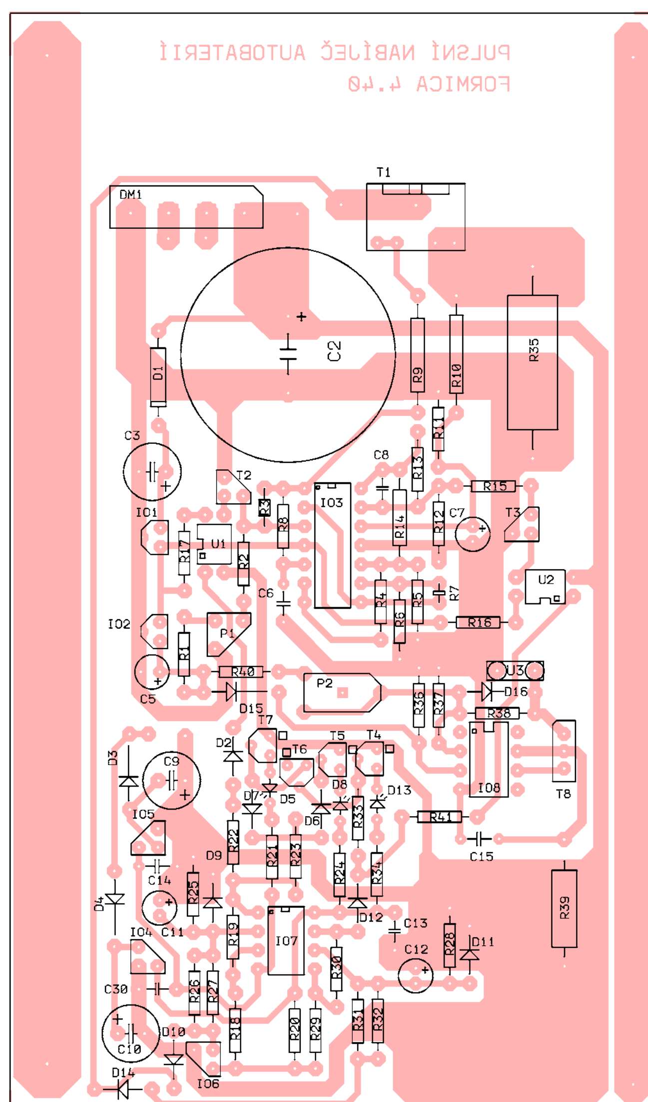
K tzv. „dvoustupňovému nabíjení“, které je předepsáno pro olověné akumulátory, slouží druhý komparátor IO7/2.

Dokud napětí na svorkách nabíjeného akumulátoru nedosáhne velikosti 14,4 V, je na invertujícím vstupu *6* IO7/2 napětí menší než referenční napětí -5 V na neinvertujícím vstupu *3*, výstup IO7/2 je v záporné saturaci a obvod se neuplatní.

Když napětí akumulátoru překročí 14,4 V, výstup IO7/2 přejde skokem do kladné saturace. Přes oddělovací diodu



Obr. 35. Obrazec spojů tranzistorového nabíječe 2 (měř.: 1 : 1)



Obr. 36. Rozmístění součástek na desce tranzistorového nabíječe 2

D12 a přes rezistor R33 sepne tranzistor T4 a rozsvítí se žlutá LED D13, která signalizuje nabíjení polovičním proudem. Dále sepne tranzistor T6, který přeruší ovládání tranzistoru T7 a zhasne červená LED D5, která signalizuje nabíjení plným nabíjecím proudem.

Současně se přes optočlen U2 sepne tranzistor T3, kterým se paralelně k rezistoru R12 připojí rezistor R15. Tím se dvakrát zvětší napěťové zesílení zesilovače regulované veličiny a nabíjecí proud poklesne na poloviční velikost nastavené hodnoty. Ručka panelového měřicího přístroje poklesne na polovinu.

Aby komparátory ochranných obvodů nekmitaly i při sebemenší změně poměrů v regulačním obvodu, je v nich zavedena hystereze rezistory R19 a R30. Tato hystereze způsobuje pomalejší a časově opožděnou reakci na probíhající děje.

K ochraně proti napěťovým špičkám jsou u komparátorů zapojeny diody D9 a D11 a elektrolytické kondenzátory C11 a C12.

V regulátoru otáček ventilátoru porovnává OZ IO8 napětí z čidla teploty D15 chladiče s referenčním napětím z děliče R40, P2, R37 a svým výstupním napětím řídí přes výkonový tranzistor T8 malý axiální ventilátor VE1, který ofukuje chladič. Zpětnou vazbou zavedenou rezistorem R38 je nastaveno takové zesílení OZ, aby při vzrůstu teploty chladiče (čidla) pozvolně stoupaly otáčky ventilátoru až do maxima a teplota chladiče se tak udržovala přibližně konstantní (určena referenčním napětím).

Ventilátor VE1 je na provozní napětí 12 V a má rozměry 80x80x25 mm. Jako čidlo D15 je použit přechod BE tranzistoru KC238 (přechod BE se chová jako dioda, báze je její anoda a emitor katoda). Pouzdro tranzistoru KC238 je upevněno na společném chladiči výkonového tranzistoru T1 a diodového můstku DM1. Na tomto chladiči je namontován i ventilátor VE1 tak, aby co nejlépe chladič ofukoval.

Součástky nabíječe 2 jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 35, rozmístění součástek na desce je na obr. 36.

LED mohou mít průměr 10 mm (takové byly ve vzorku použity). Výkonový rezistor R42 je zapojen paralelně k rezistoru R35 a je umístěn nad ním.

Po zevrubné kontrole desky s plošnými spoji a proměření součástek pracuje nabíječ na první zapojení bez dalšího oživování.

Seznam součástek

R1	120 Ω, miniaturní
R2	1 kΩ, miniaturní
R3, R4, R5, R7, R8, R11, R13, R14	100 kΩ, miniaturní
R6	47 kΩ, miniaturní
R9	100 Ω, miniaturní
R10, R12, R15, R18, R20, R25, R28, R29, R36, R37	10 kΩ, miniaturní
R16, R17, R23, R33	4,7 kΩ, miniaturní
R19, R30, R31, R38	390 kΩ, miniaturní
R21, R24, R34	390 Ω, miniaturní
R22, R40, R41	1,2 kΩ, miniaturní
R26	470 kΩ, miniaturní
R27, R32	22 kΩ, miniaturní
R35	0,1 Ω/5 W, drátový
R39	47 Ω, miniaturní
R42	0,1 Ω/5 W, drátový
P1	2,5 kΩ/lin., potenciometr
P2	470 Ω, trimr ležatý, 10 mm
C1	47 nF/630 V, fóliový
C2	4700 µF/35 V, radiální
C3	100 µF/35 V, radiální
C4, C7, C11, C12	10 µF/35 V, radiální
C5	4,7 µF/50 V, radiální
C6	150 nF/100 V, fóliový
C8	100 nF/100 V, fóliový
C9, C10	470 µF/35 V, radiální
C13, C14, C15	47 nF, keramický
DM1	diodový můstek KB8UD
D1, D2 D3, D4, D6, D7 D9, D10, D11, D12, D16	KA262
D5	LED, červená
D8	LED, zelená
D13	LED, žlutá
D14	KA262
D15	KC238
T1	IRF540
T2, T3	KC238
T4, T5	KC237
T6	KC238
T7	KC307
T8	KD135
IO1	78L09
IO2	78L05
IO3	LM324
IO4	78L12
IO5	79L12
IO6	79L05
IO7	LM1458
IO8	LM741
U1, U2	PC817
F1	pojistka rychlá F 1 A
F2	pojistka 6,3 A
pojistkové držáky (dva kusy)	
MP2	ručkový ampérmetr 6 (10) A
TR1	transformátor 230 V/(16 V/6 A)/(12 V/0,5 A)
U3	svorkovnice ARK500/2
VE1	axiální ventilátor 12 V ss, 80x80x25 mm
deska s plošnými spoji: PULSNÍ NABÍJEČ AUTOBATERIÍ	

Regulátor teploty

Regulátor teploty, jehož schéma je na obr. 37, je určen k regulaci teploty pro široké použití (ať již k regulaci teploty chladicí kapaliny, tak třeba i teploty vzduchu v místnosti).

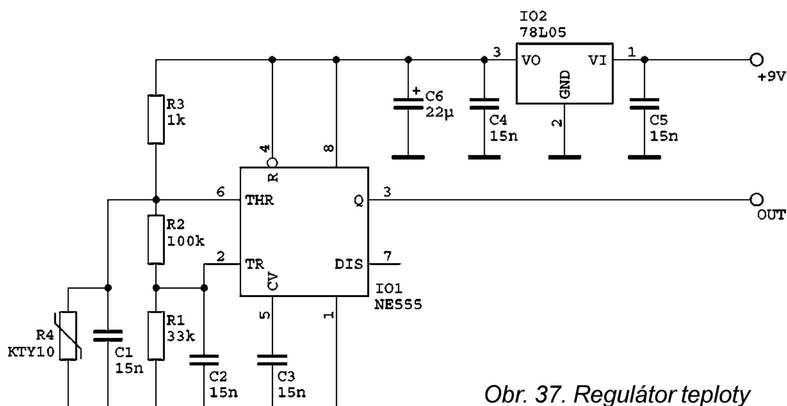
Pro snímaní teploty je použito čidlo KTY10, které s rostoucí teplotou zvětšuje svůj odpor (při teplotě 25 °C má toto čidlo odpor 2000 Ω ±3 %, který se zvětšuje asi o +0,76 %/°C).

Obvod IO1 typu 555C (CMOS) pracuje jako komparátor. Když napětí na vstupu TRIG (vývod *2*) IO1 poklesne pod $U_{CC}/3$ (U_{CC} je napájecí napětí IO1 o velikosti +5 V), překlopí se výstup (vývod *3*) IO1 do stavu „log. 1“. Jakmile však napětí na vstupu THR (vývod *6*) IO1 převýší $2 \cdot U_{CC}/3$, výstup IO1 se vrátí do stavu „log. 0“.

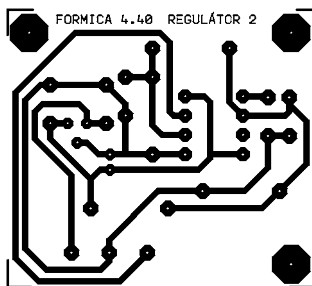
Změnou odporu rezistorů R1, R2 a R3 nastavujeme mezní teploty, při kterých se překlápí výstup IO1. Pro stanovení těchto odporů se používá jednoduchý algoritmus, který platí za předpokladu, že odpory rezistorů R1 a R2 budou alespoň 100x větší než odpor rezistoru R3.

Nejdříve nastavíme regulátor pro zvolenou horní mezní teplotu, při které se bude výstup IO1 překlápět do stavu „log. 0“. Podle tabulky od výrobce čidla KTY10, ve které jsou uvedeny odpory čidla při různých teplotách, si zjistíme odpor čidla R4 při zvolené horní mezní teplotě. Pak výpočtem určíme odpor rezistoru R3 tak, aby na zjištěném odporu čidla R4 vzniklo na vstupu THR napětí $2 \cdot U_{CC}/3$. Přitom vliv R1 a R2 zanedbáváme.

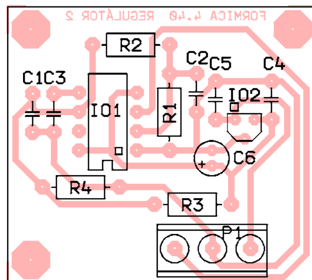
Pak nastavíme regulátor pro zvolenou dolní mezní teplotu, při které se bude výstup IO1 překlápět do stavu „log. 1“. Opět podle tabulky výrobce



Obr. 37. Regulátor teploty



Obr. 38. Obrazec spojů regulátoru teploty (měř.: 1 : 1)



Obr. 39. Rozmístění součástek na desce regulátoru teploty

zjistíme odpor čidla R4 při zvolené dolní mezní teplotě. Vypočteme, jaké napětí vznikne při daných odporech čidla R4 a rezistoru R3 na vstupu THR IO1. Odpor rezistorů R1 a R2 pak stanovíme pokud možno tak, aby se na vstupu TRIG IO1 vytvořilo napětí $U_{cc}/3$. Rezistory R1, R2 a R3 vybereme z odporů z dostupné řady nebo je složíme (paralelním řazením) z několika kusů.

Nakonec zkontrolujeme správnou funkci zařízení a případné odchylky upravíme malou změnou odporu rezistorů R2 a R3.

Z výstupu *3* IO1 (OUT) můžeme ovládat zátěž pomocí tranzistorů, relé, optotriaků apod.

Regulátor též může sloužit jen jako jednoduchý indikátor. Na výstup OUT připojíme LED s malým odběrem (2 mA) a příslušný pracovní rezistor.

Regulátor je napájen přes stabilizátor 78L05 napětím +5 V (IO2). Napájecí napětí není vhodné zvětšovat, aby se neohřívalo čidlo při měření nízkých teplot.

Součástky regulátoru teploty jsou připájeny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 38, rozmístění součástek na desce je na obr. 39.

Seznam součástek

R1	33 kΩ, miniaturní
R2	100 kΩ, miniaturní
R3	1 kΩ, miniaturní
R4	KTY10
C1, C2, C3, C4, C5	15 nF, keramický
C6	22 μF/25 V, radiální
IO1	NE555
IO2	78L05

deska s plošnými spoji: REGULÁTOR 2

Měřicí přístroje

Měřič kapacity

Popisovaný přístroj umožňuje měřit kapacitu kondenzátorů od desítek pF do deseti μF s přesností 1,5 %.

Schéma přístroje je na obr. 40. Měřič se skládá ze dvou časovacích obvodů typu 555, z nichž jeden (IO2) pracuje jako astabilní a druhý (IO1) jako monostabilní klopný obvod. Protože je výstupní napětí monostabilního klopného obvodu IO1 omezováno Zenerovou diodou D1 na konstantní velikost asi 6 V, je indikace lineárně závislá na poměru časových konstant obou klopných obvodů. To znamená, že přístroj má pro měření kapacit lineární průběh stupnice.

Časová konstanta astabilního klopného obvodu je dána vztahem:

$$T_A = 0{,}69 \cdot R \cdot C \quad [\text{s}; \Omega, \text{F}]$$

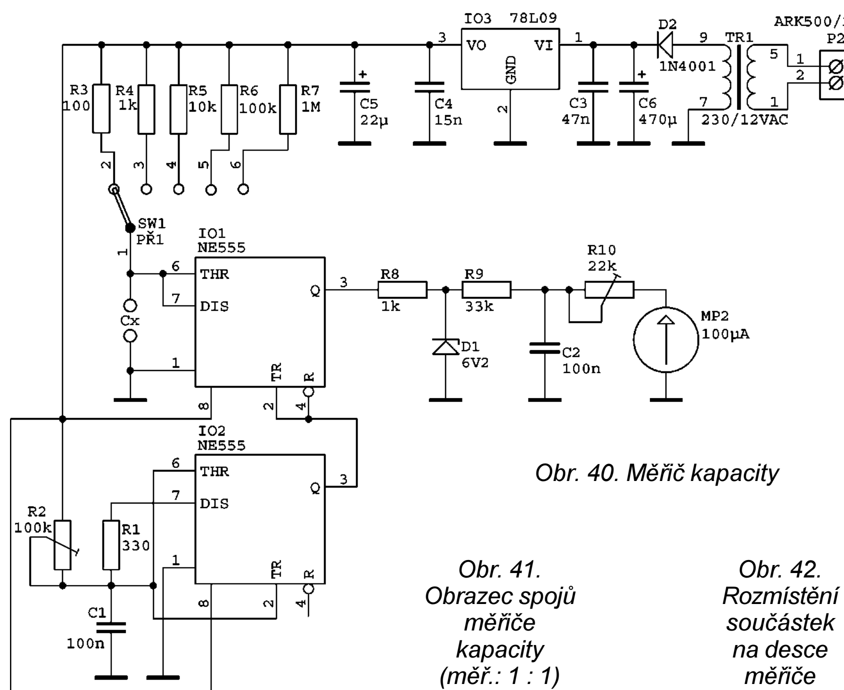
a monostabilního obvodu vztahem:

$$T_M = 1{,}1 \cdot R \cdot C \quad [\text{s}; \Omega, \text{F}].$$

Linearita indikace je zabezpečena za podmínky, že $T_A < T_M$.

Trimrem R2 se jemně nastavuje kmitočet 900 Hz astabilního klopného obvodu.

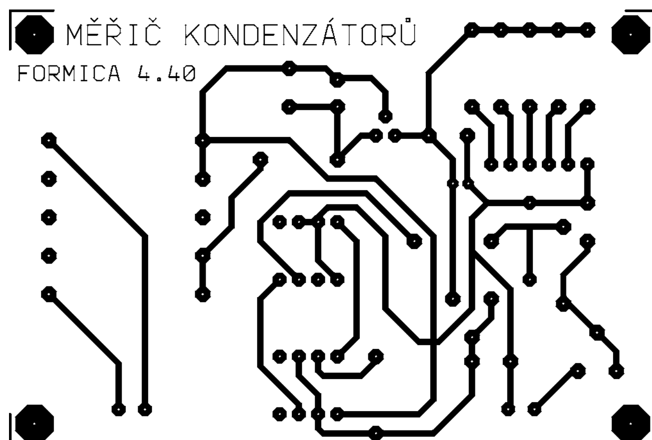
Na nejnižším rozsahu (řádu pF) se ručka měřidla ani bez připojeného kondenzátoru nevrátí na nulu. Způsobují to nevyhnutelné parazitní kapacity a zbytkové napětí časovacího obvodu. Tuto

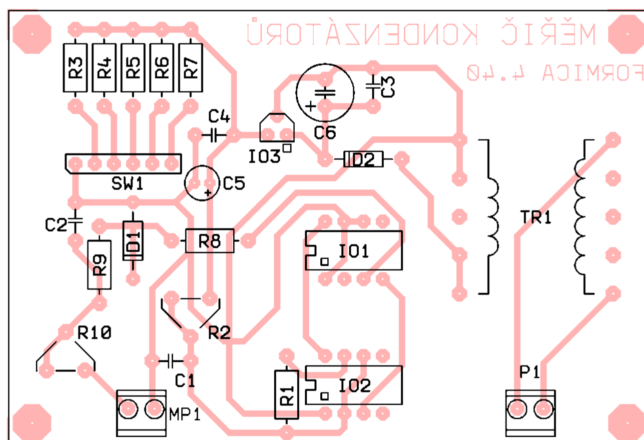


Obr. 40. Měřič kapacity

Obr. 41. Obrazec spojů měřiče kapacity (měř.: 1 : 1) (vlevo dole)

Obr. 42. Rozmístění součástek na desce měřiče kapacity





malou výchylku lze kompenzovat korekcí mechanické nuly měřidla.

K indikaci naměřené kapacity se používá libovolné měřidlo o citlivosti 100 µA na plnou výchylku ručky. Trimrem R10 nastavujeme pomocí kalibračního kondenzátoru připojeného na vstupní svorky Cx měřiče požadovanou výchylku měřidla. Pokud budou mít rezistory R3 až R7 toleranci odporu 1%, nebude nutné kalibrovat ostatní rozsahy.

Měřič je napájen síťovým transformátorem TR1, který zmenšuje napětí sítě. Napětí z transformátoru je jednocestně usměrňováno diodou D2 a filtrováno elektrolytickým kondenzátorem C6 a keramickým kondenzátorem C3. Napájecí napětí je stabilizováno monolitickým stabilizátorem IO3 typu 78L09. Stabilizované napětí +9 V je dále filtrováno kondenzátory C5 a C4.

Součástky měřiče kondenzátorů jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 41, rozmístění součástek na desce je na obr. 42.

Zapojení nemá žádné záludnosti a funguje na první pokus.

Seznam součástek

R1	330 Ω/0,6 W/1 %, metal.
R2	100 kΩ, trimr
R3	100 Ω/0,6 W/1 %, metal.
R4, R8	1 kΩ/0,6 W/1 %, metal.
R5	10 kΩ/0,6 W/1 %, metal.
R6	100 kΩ/0,6 W/1 %, metal.
R7	1 MΩ/0,6 W/1 %, metal.
R9	33 kΩ/0,6 W/1 %, metal.
R10	22 kΩ, trimr
C1, C2	100 nF/100 V, fóliový
C3	47 nF, keramický
C4	15 nF, keramický
C5	22 µF/35 V, radiální
C6	470 µF/35 V, radiální
D1	BZX83V006.2 (Zenerova dioda 6,2 V/0,5 W)
D2	1N4001
IO1, IO2	NE555
IO3	78L09
MP2	ručkový ampérmetr 100 µA
P2	svorkovnice ARK500/2
SW1	otočný přepínač šestipolohový, jednopólový
TR1	transformátor 230 V/12 V/1,9 VA

deska s plošnými spoji: MĚŘIČ KONDENZÁTORŮ

Měřič proudového zesílení tranzistorů

Tento měřič umožňuje přímo měřit proudové zesílení bipolárních tranzistorů v několika různých pracovních bodech. Pro snazší určení velikosti proudového zesílení je použito dvou automaticky přepínaných rozsahů této veličiny (0 až 100 a 100 až 500).

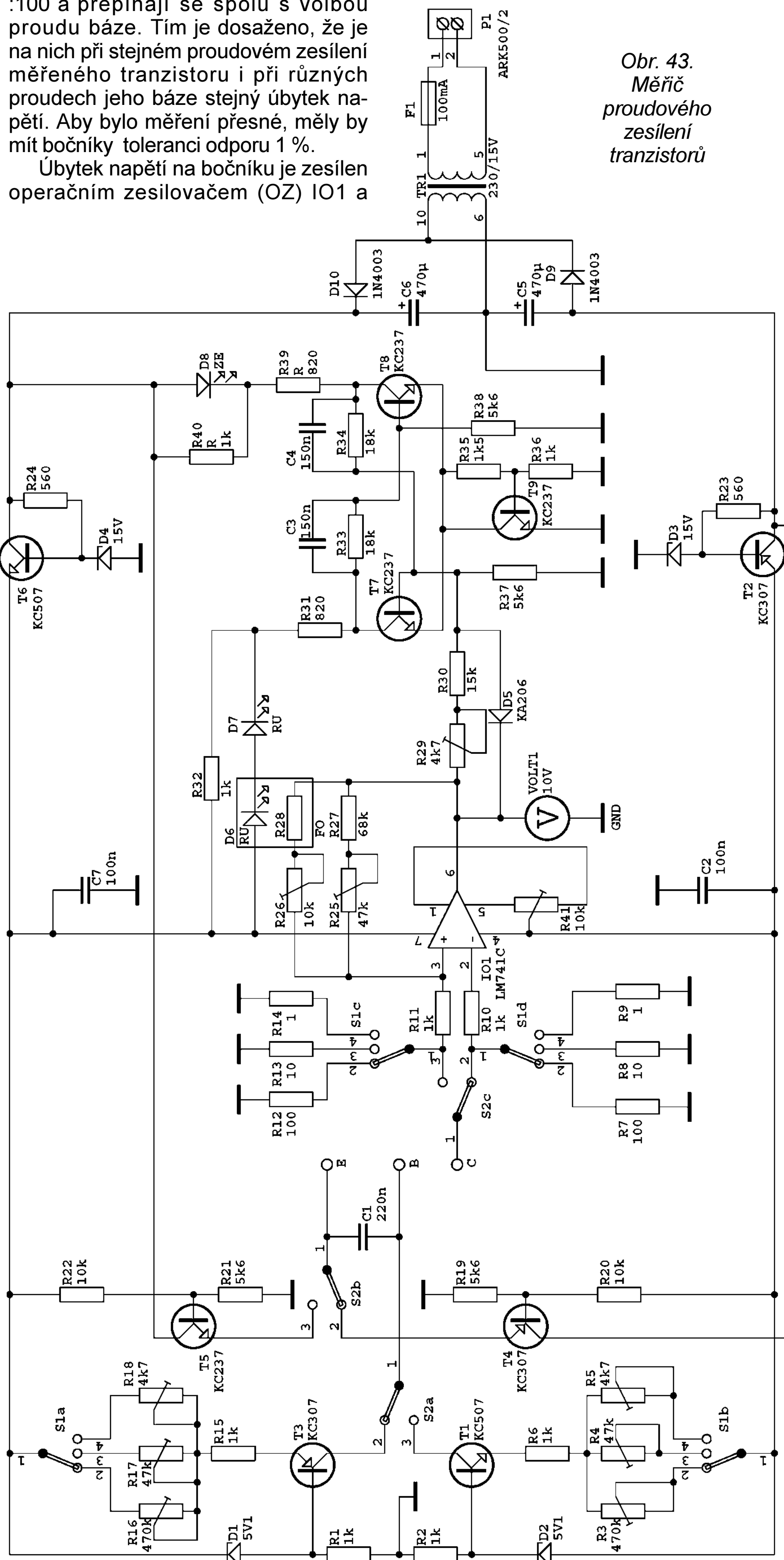
Schéma tohoto poměrně dokonalého měřiče je na obr. 43.

Měřený tranzistor se připojuje ke svorkám „E“, „B“ a „C“. Báze měřeného tranzistoru je napájena pevně nastaveným konstantním proudem 10 µA, 100 µA a 1mA z proudového zdroje (volí se přepínačem S1). Kolektorový proud měřeného tranzistoru, který je přímo úměrný jeho proudovému zesílení, vyvolá úbytek napětí na jednom z bočníků R7 až R9 a R12 až R14.

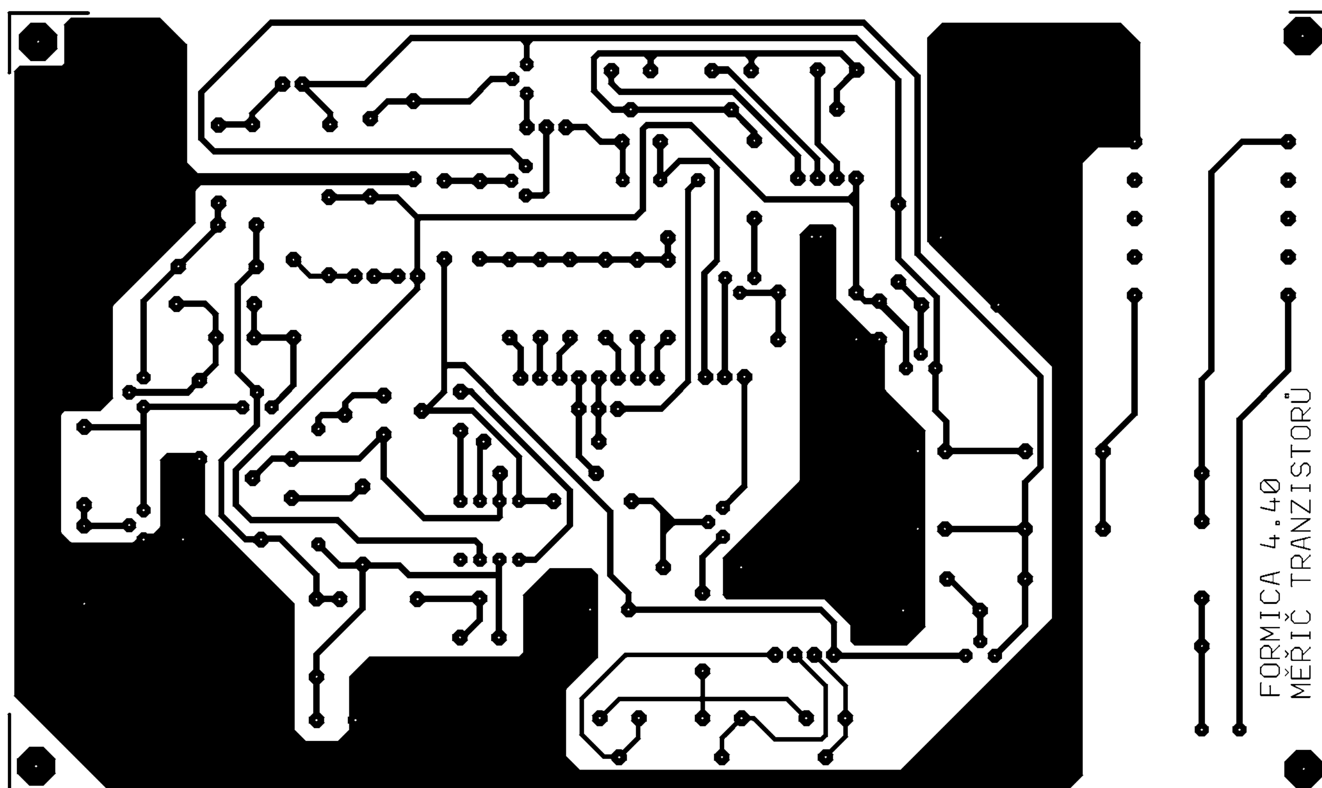
Bočníky mají odpory v poměru 1:10::100 a přepínají se spolu s volbou proudu báze. Tím je dosaženo, že je na nich při stejném proudovém zesílení měřeného tranzistoru i při různých proudech jeho báze stejný úbytek napětí. Aby bylo měření přesné, měly by mít bočníky toleranci odporu 1 %.

Úbytek napětí na bočníku je zesílen operačním zesilovačem (OZ) IO1 a měřen ručkovým voltmetrem VOLT1 s rozsahem 10 V. Voltmetr má stupnici se sto dílky a jeho ručka přímo ukazuje velikost proudového zesílení (h_{21e}) měřeného tranzistoru.

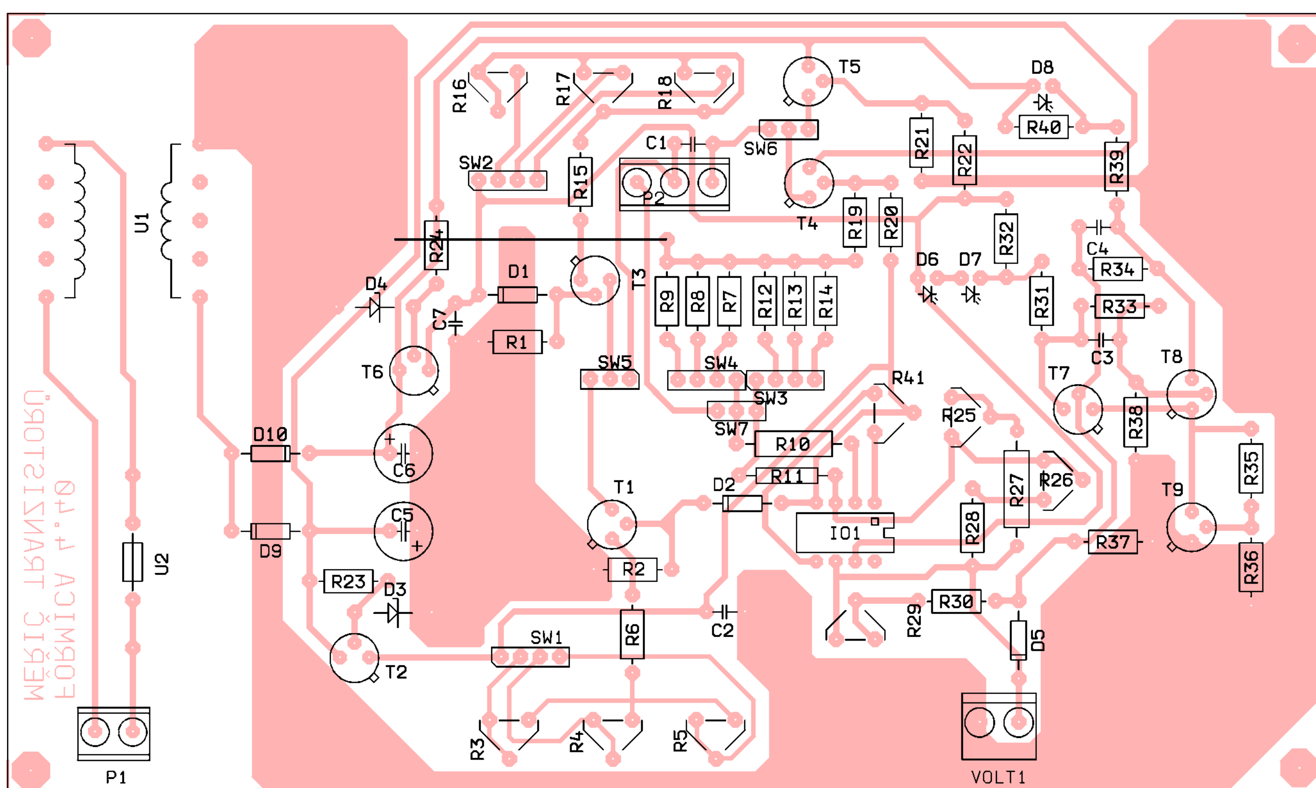
Nastavitelný proud do báze měřeného tranzistoru je získáván ze zdrojů



Obr. 43. Měřič proudového zesílení tranzistorů



Obr. 44. Obrazec spojů měřiče proudového zesílení tranzistorů (měř.: 1 : 1)



Obr. 45. Rozmístění součástek na desce měřiče proudového zesílení tranzistorů

konstantního proudu s tranzistory T1 a T3 (zvlášť pro tranzistory PNP a NPN). Napětí pro báze tranzistorů T1 a T3 je stabilizováno Zenerovými diodami D1 a D2. V emitorových obvodech T1 a T3 jsou zapojeny přepínatelné trimry R3 až R5 a R16 až R18, jimiž lze přesně nastavit požadovaný konstantní proud. Velikostí odporu emitorových rezistorů je určován kolektorový proud tranzistorů T1 a T3, který zůstává, vzhledem k pevnému napětí jejich bází, stále konstantní.

Měřicí rozsahy proudového zesílení se přepínají tak, že je zmenšován odpor zpětnovazebního rezistoru OZ IO1 ze 100 kΩ na 20 kΩ. Na nižším měřicím rozsahu (0 až 100) má OZ nastaveno rezistory R11, R25 a R27 zesílení 100.

Při větším proudovém zesílení měřeného tranzistoru je napětí na výstupu IO1 větší než 10 V a Schmittův klopný obvod s tranzistory T7 až T9 se překlopí. Díky tomu se rozsvítí červená LED D6, která osvětlí fotorezistor R28. Vodivost fotorezistoru se zvětší, nasledkem toho se zmenší celkový odpor zpětnovazební větve OZ a zesílení OZ pokles-

ne na 20. Tak se přepne vyšší měřicí rozsah 100 až 500. LED D6 a fotorezistor R28 je nutno umístit těsně vedle sebe (LED musí svítit na fotorezistor) do pouzdra, které nepropouští světlo.

Schmittův klopný obvod je konstruován tak, že na nižší rozsah přepne teprve tehdy, když napětí na výstupu OZ poklesne pod 2 V (tj. když proudové zesílení poklesne pod 100 na vyšším rozsahu).

Zařazení nižšího měřicího rozsahu je indikováno zelenou LED D8, vyšší měřicí rozsah je indikován červenou LED D7.

Měřič proudového zesílení tranzistorů je napájen z jednoduchého síťového zdroje stabilizovaným souměrným napětím.

Součástky měřiče proudového zesílení tranzistorů jsou připájeny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 44, rozmístění součástek na desce je na obr. 45.

Zapojený měřič oživíme. Mezi svorky „B" a „E" připojíme ampérmetr (digitální multimetr) a proudy báze měřeného tranzistoru 10 μA, 100 μA a 1mA nastavíme v poloze NPN přepínače S2 trimry R16, R17 a R18 a v poloze PNP trimry R3, R4 a R5.

Dále vykompenzujeme vstupní napěťovou nesymetrii operačního zesilovače IO1 tak, že trimrem R41 nastavíme na výstupu IO1 napětí 0 V (vůči zemi). Paralelně k měřidlu VOLT1 je nutné kvůli tomuto měření připojit jiný citlivější voltmetr, aby vynulování bylo co nejpřesnější.

Pro cejchování komparátoru a nižšího měřicího rozsahu proudového zesílení (0 až 100) nastavíme trimr R29 na největší odpor. Mezi svorky „E" a „C" zapojíme sériovou kombinaci pomocného potenciometru o odporu 20 kΩ, rezistoru 820 Ω a ampérmetru, pomocí kterého pomocným potenciometrem nastavíme kolektorový proud 1 mA. Přitom je přepínač S1 přepnut na rozsah 10 μA a přepínač S2 je v poloze NPN. Trimrem R25 nastavíme plnou výchylku ručky měřidla VOLT1.

Pak trimr R29 nastavíme tak, aby klopný obvod právě přepnul na vyšší měřicí rozsah proudového zesílení (100 až 500). Nyní tento rozsah ocejchujeme. Necháme přepínač S1 přepnutý na rozsah 10 μA a přepínač S2 v poloze NPN. Mezi svorkami „E" a „C" máme stále zapojenu sériovou kombinaci pomocného potenciometru, rezistoru a ampérmetru. Pomocným potenciometrem nastavíme podle ampérmetru proud 5 mA a trimrem R26 nastavíme plnou výchylku měřidla VOLT1.

Seznam součástek

R1, R2, R6, R10, R11, R15, R32, R36, R40	1 kΩ/0,6 W/1 %, metal.
R3, R16	470 kΩ, trimr
R4, R17, R25	47 kΩ, trimr
R5, R18, R29	4,7 kΩ, trimr
R7, R12	100 Ω/0,6 W/1 %, metal.
R8, R13	10 Ω/0,6 W/1 %, metal.
R9, R14	1 Ω/0,6 W/1 %, metal.
R19, R21, R37, R38	5,6 kΩ/0,6 W/1 %, metal.
R20, R22	10 kΩ/0,6 W/1 %, metal.
R23, R24	560 Ω/0,6 W/1 %, metal.
R26, R41	10 kΩ, trimr
R27	68 kΩ/0,6 W/1 %, metal.
R28	fotorezistor
R30	15 kΩ/0,6 W/1 %, metal.
R31, R39	820 Ω/0,6 W/1 %, metal.
R33, R34	18 kΩ/0,6 W/1 %, metal.
R35	1,5 kΩ/0,6 W/1 %, metal.
C1	220 nF/63 V, fóliový
C2, C7	100 nF, keramický
C3, C4	150 nF/100 V, fóliový
C5, C6	470 μF/35 V, radiální
D1, D2	BZX83V005.1 (Zenerova dioda 5,1 V/0,5 W)
D3, D4	BZX83V015 (Zenerova dioda 15 V/0,5 W)
D5	KA206
D6, D7	LED, červená
D8	LED, zelená
D9, D10	1N4003
T1, T6	KC507
T2, T3, T4	KC307
T5, T7, T8, T9	KC237
IO1	LM741C
F1	pojistka 100 mA
pojistkový držák (1 kus)	
P1	svorkovnice ARK500/2
S1a až S1d	(= SW1 až SW4) otočný přepínač třípolohový, čtyřpólový
S2a až S2c	(= SW5 až SW7) otočný nebo páčkový přepínač dvoupolohový, třípólový
TR1	transformátor 230 V/15 V/1,9 VA
VOLT1	ručkový voltmetr 10 V

deska s plošnými spoji:
MĚŘIČ TRANZISTORŮ

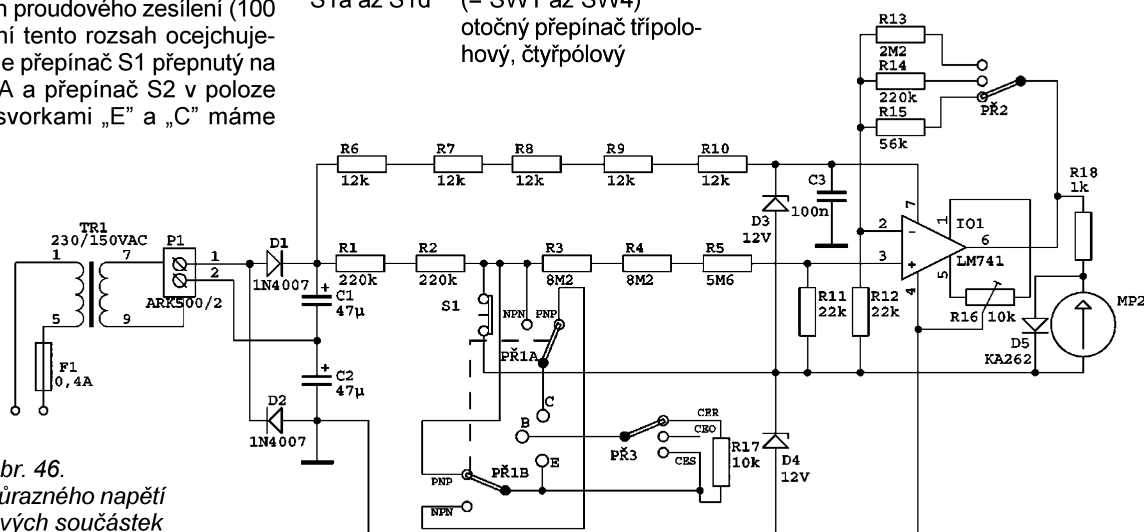
Zkoušeč průrazného napětí polovodičových součástek

Tento jednoúčelový přístroj byl navržen k výběru tranzistorů s co největším průrazným napětím do zesilovače 2x 50 W, který je popisován dále. Zkoušeč umožňuje nedestruktivně měřit průrazné napětí tranzistorů bipolárních i FET, Zenerových i usměrňovacích diod a dalších součástek.

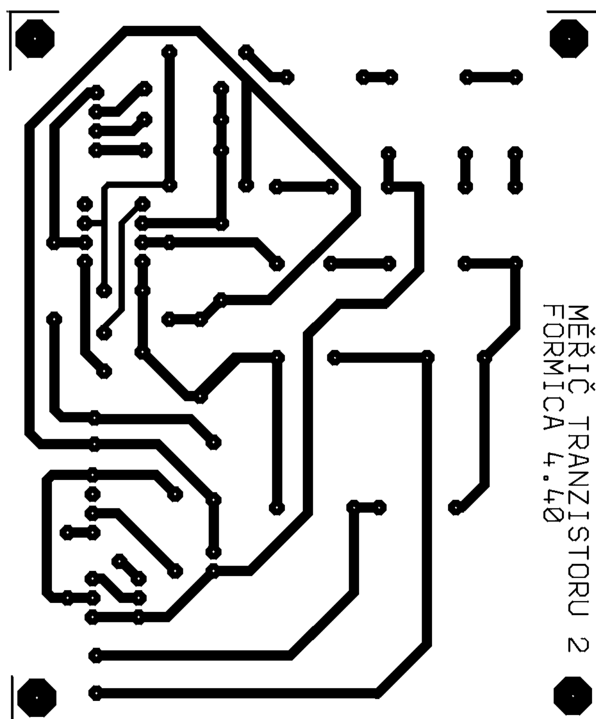
Schéma tohoto velice praktického přístroje je na obr. 46. Základ tvoří zdroj vysokého zkušebního napětí 400 V, který je tvořen síťovým transformátorem se sekundárním napětím 150 V a zdvojovačem s diodami D1, D2 a filtračními kondenzátory C1, C2. Transformátor byl vymontován z vraku starého přístroje

Zkušební napětí se přivádí přes omezovací rezistor (složený pro zmenšení výkonového zatížení ze dvou rezistorů R1 a R2) na svorky C a E, mezi které je připojena měřená součástka. Rezistory R1 a R2 mají celkový odpor 440 kΩ, takže měřenou součástkou může protékat maximální proud menší než 1 mA, který ji nemůže zničit. Paralelně ke svorkám C a E je připojeno vypínací tlačítko S1 MĚŘENÍ (v klidu je sepnuté, při stisknutí se vypne), kterým jsou svorky zkratovány, abychom při připojování měřené součástky nedostali elektrickou ránu. Při měření musíme tlačíto S1 stisknout.

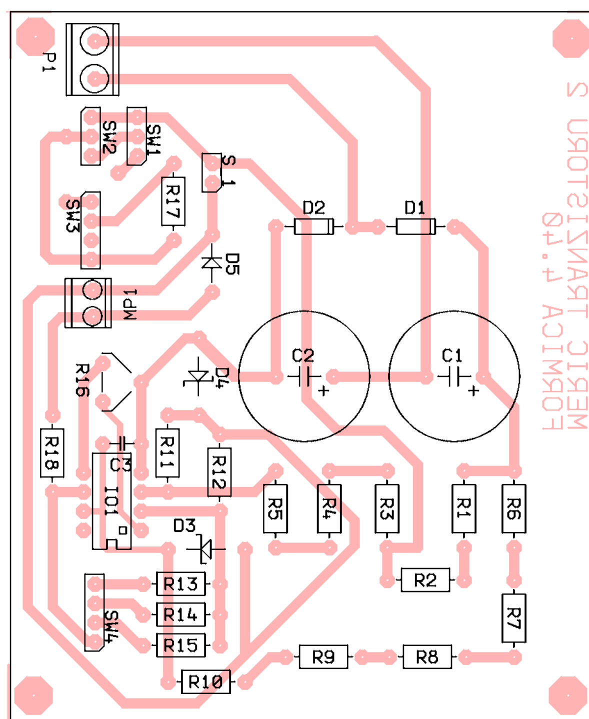
Bipolární tranzistor připojujeme do všech tří svorek C (kolektor), B (báze) a E (emitor). Přepínačem PŘ1 se podle druhu tranzistoru (PNP nebo



Obr. 46. Zkoušeč průrazného napětí polovodičových součástek



Obr. 47. Obrazec spojů zkoušeče průrazného napětí (měř.: 1 : 1)



Obr. 48. Rozmístění součástek na desce zkoušeče průrazného napětí

NPN) volí polarita zkušebního napětí. Přepínačem PŘ3 volíme druh měřeného průrazného napětí, tj. průrazné napětí U_{CES} při bázi přímo spojené s emitorem, U_{CER} při bázi spojené s emitorem přes odpor 10 kΩ a U_{CEO} při odpojené bázi.

Při měření ostatních polovodičových součástek vycházíme z toho, že v poloze NPN přepínače PŘ1 je na svorce C kladné a na svorce E záporné napětí. Proto např. při měření průrazného napětí usměrňovací diody nebo při měření Zenerova napětí Zenerovy diody připojíme její anodu na svorku E a katodu na svorku C.

Průrazné napětí měřené součástky, tj. napětí, které se vytvoří na připojené součástce průchodem proudu ze zdroje zkušebního napětí, se měří voltmetrem, který je rovněž připojen ke svorkám C a E.

Voltmetr má velmi velký vstupní odpor (22 MΩ) a rozsahy 10, 100 a 400 V. Je zapojen klasicky s operačním zesilovačem IO1. Rozsahy se volí přepínačem PŘ2 změnou odporu ve zpětnovazebním děliči. Při plném napětí každého rozsahu (tj. při napětí 10 V mezi svorkami C, E při horní poloze PŘ2 až při napětí 400 V mezi svorkami při dolní poloze PŘ2) je na výstupu IO1 napětí +1 V proti zemi (zem je na katodě D4). Trimrem R16 se kompenzuje vstupní napěťová nesymetrie OZ.

Měřené napětí se indikuje ručkovým voltmetrem, který musí mít spolu s předřadným rezistorem R18 citlivost 1 V na plnou výchylku (odpor rezistoru R18 je nutné upravit podle konkrétního měřidla). Měřidlo je chráněno před přetížením při nevhodné volbě rozsahu křemíkovou diodou D5 (předpokládá se, že samotné měřidlo má citlivost lepší než 0,3 V na plnou výchylku).

OZ je napájen stabilizovaným souměrným napětím ±12 V, které je získáváno z vysokého napětí 400 V děličem z rezistorů R6 až R10 a Zenerových diod D3 a D4. Více rezistorů je v děliči použito proto, aby se zmenšilo jejich napěťové a výkonové namáhání.

Součástky zkoušeče průrazného napětí jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 47, rozmístění součástek na desce je na obr. 48.

Plošné spoje u přepínače PŘ1A, B (= SW1, SW2) jsou nesprávně nakreslené, při zapojování tohoto přepínače je nutné se držet schématu!

Při používání nastavíme přístroj na požadovanou polaritu tranzistoru (PNP nebo NPN) a přepínačem PŘ3 zvolíme režim měření. Součástku buď zasuneme do objímky s kontakty C, B a E nebo ji připojíme kablíky do zdířek, které jsou propojeny s kontakty C, B a E objímky. Voltmetr přepneme na rozsah 400 V.

Pak stiskneme tlačítko S1 a na voltmetru přečteme průrazné napětí. Pokud je výchylka ručky měřidla malá, přepneme na citlivější rozsah.

Seznam součástek

R1, R2, R14	220 kΩ/0,6 W/1 %, metal.
R3, R4	8,2 MΩ/0,6 W/1 %, metal.
R5	5,6 MΩ/0,6 W/1 %, metal.
R6, R7, R8, R9, R10	12 kΩ/0,6 W/1 %, metal.
R11, R12	22 kΩ/0,6 W/1 %, metal.
R13	2,2 MΩ/0,6 W/1 %, metal.
R15	56 kΩ/0,6 W/1 %, metal.
R16	10 kΩ, trimr
R17	10 kΩ/0,6 W/1 %, metal.
R18	viz text
C1, C2	47 µF/350 V, radiální
C3	100 nF/100 V, fóliový
D1, D2	1N4007
D3, D4	BZX83V012 (Zenerova dioda 12 V/0,5 W)
D5	KA262
IO1	LM741
F1	pojistka 0,4 A
pojistkový držák (1 kus)	
MP2	ručkový voltmetr 1 V (viz text)
P1	svorkovnice ARK500/2
S1	tlačítko vypínací
PŘ1A, PŘ1B	(= SW1, SW2) páčkový přepínač dvoupólový
PŘ2	(= SW4) otočný přepínač třípolohový, jednopólový
PŘ3	(= SW3) otočný přepínač třípolohový, jednopólový
TR1	transformátor 230 V/150 V, viz text
deska s plošnými spoji:	MĚŘIČ TRANZISTORU 2

Pozn. red.: Pokud nemáme vhodný síťový transformátor se sekundárním napětím 150 V (třeba zachráněný z vraku nějakého starého přístroje), je možné takový transformátor realizovat spojením dvou běžně dostupných síťových transformátorů do kaskády.

První by měl mít převod napětí např. 230 V/ 6 V a druhý 230 V/9 V. U transformátorů navzájem propojíme vinutí s nízkými napětími, a když do prvního zavedeme síťové napětí 230 V, bude mít druhý transformátor na vinutí 230 V napětí právě asi 150 V. Každý z obou transformátorů by měl být dimenzován na 15 až 25 VA.

Toto řešení je osvědčené, v této konstrukci však nebylo ověřováno! Proto bude pravděpodobně nutné experimentovat s použitými typy transformátorů a jejich převodovými poměry!

Přístroje pro elektroakustiku

Výkonový zesilovač 2x 50 W

K velice oblíbeným konstrukcím patří výkonové zesilovače jakéhokoliv provedení. V průběhu mé dlouholeté amatérské činnosti jsem vyzkoušel a s úspěchem používal mnoho typů zesilovačů od známých Zetawattů, Texanů až po hybridní typy. Přesto mým nejoblíbenějším, díky stabilitě, výkonu, zkreslení a dalším výborným vlastnostem, se nakonec stal tranzistorový zesilovač se sinusovým výkonem 2x 50 W, který pracuje spolehlivě bez nejmenší závady dodnes.

Schéma zesilovače je na obr. 49. Vstup je řešen v diferenčním zapojení. Bylo by vhodné, aby tranzistory T1 a T2 byly na jednom křemíkovém substrátu. Obtížná dostupnost takových tranzistorů mě však nakonec donutila použít na vstupu dva samostatné tranzistory PNP, které jsem pečlivě vybral dříve popisovaným měřičem proudového zesílení. Praxe ukázala, že pokud jsou tyto tranzistory pečlivě vybrány, není nutné je vůbec teplotně svazovat a že zesilovač pracuje velice dobře a spolehlivě, i když jsou tyto tranzistory od sebe vzdáleny, jak dokládá i tato konstrukce.

Vzhledem k malému rozkmitu vstupního signálu je kladné napájecí napětí pro diferenční zesilovač zmenšeno a stabilizováno Zenerovou diodou D5. Vstupní a zpětnovazební signál se sčítají na kolektorovém odporu tranzistoru T1. Na vyvážení diferenčního stupně závisí velikost ss klidového napětí mezi výstupem zesilovače a zemí. Nulová velikost tohoto napětí se nastavuje hrubě odporovým trimrem P1 a jemně trimrem P2.

Z kolektoru T1 je řízen rozkmitový stupeň s tranzistorem T3. Kolektorovou zátěží pro tranzistor T3 (kromě obvodů bází tranzistorů T8 a T4) je tranzistor T9 a rezistory R13 a R14. Kmitočtovou kompenzaci obstarává kondenzátor C2, zapojený mezi kolektorem tranzistoru T3 a záporným pólem napájecího napětí. Z výstupu je do rozkmitového stupně zavedena kondenzátorem C3 kladná zpětná vazba, která výraznou měrou přispívá k symetrizaci rozkmitu výstupního napětí.

Z rozkmitového stupně je přes budič s komplementárními tranzistory T4 a T8 buzen koncový stupeň s komplementárními Darlingtonovými tranzistory T6 a T7. Tranzistor T9 zajišťuje a teplotně stabilizuje předpětí bází budiče, na kterém závisí klidový proud budiče a koncových tranzistorů. Klidový proud 20 až 30 mA se nastavuje trimrem P3.

Zesilovač je vybaven nadproudovou ochranou koncových tranzistorů. Průtokem jejich emitorových proudů vznikají na rezistorech R7 a R8 úbytky napětí. Odpor rezistorů R7 a R8 závisí na zvolených maximálních proudech koncových tranzistorů a tedy při určitém napájecím napětí i na maximálním výstupním sinusovém výkonu. Při odporech rezistorů R7, R8, R10, R11, R15, R16 podle schématu je nastavena limitace výstupního proudu při proudu asi 6 A. Pokud si chcete nastavit omezující výstupní proud na jinou velikost (a tím popř. i jiný sinusový výkon), použije se tento jednoduchý vzorec:

$$R7\ (R8) = 3/I_{max} \qquad [\Omega;\ A].$$

Při překročení zvoleného maximálního výstupního proudu vlivem nevhodně malé zátěže nebo při zkratu na výstupních svorkách se tranzistory T5 a T10 otevřou podle polarity signálu tak, že se napětí bází tranzistorů T4 a T8 vzhledem k výstupní svorce zmenší a výstupní proud nepřekročí povolenou mez ani při přebuzení zesilovače.

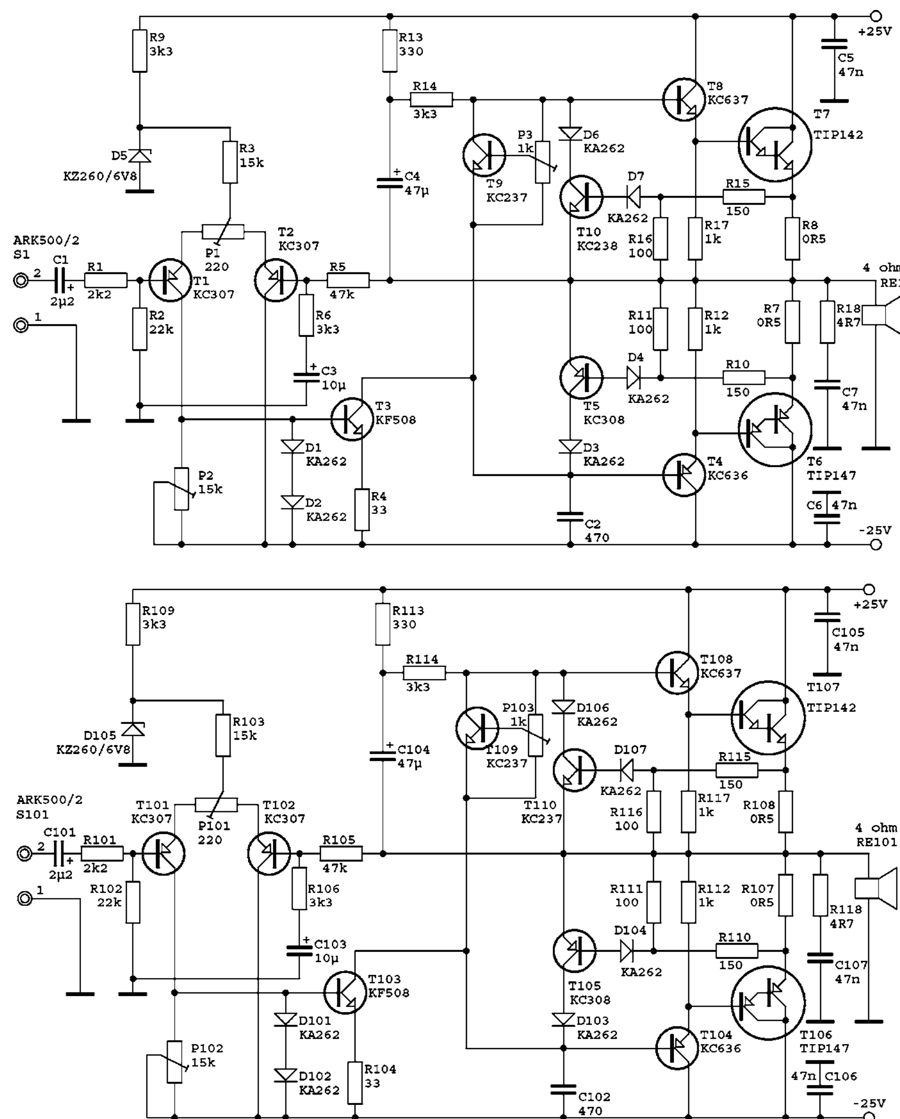
Součástky zesilovače jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 50, rozmístění součástek na desce je na obr. 51.

Při stavbě je nezbytné správně volit průřez přívodních vodičů a vyvarovat se zbytečných smyček. Součástky je třeba zemnit do společného bodu zesilovače. Tranzistor T9 je plastový a je přilepen sekundovým lepidlem na chladič výkonových tranzistorů T6 a T7.

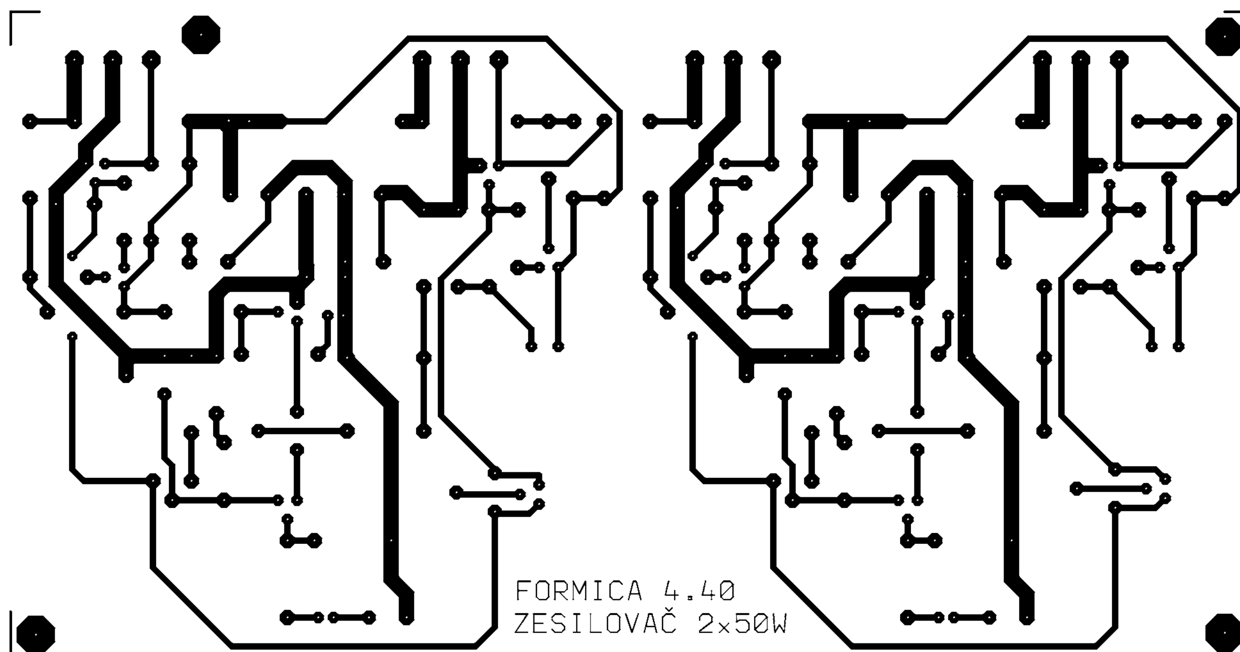
Pokud máte zájem zesilovač dále zjednodušit, neosazujte součástky R10, R11, D4, T5, D3, R15, R16, D7, T10 a D6. Doporučuji je však ponechat.

Vynikající vlastností tohoto zesilovače je, že při libovolné nesymetrii napájecího napětí (i tehdy, je-li jedna z napájecích větví bez napětí) není odchylka výstupního napětí od nuly větší než 0,3 V (při zátěži 4 Ω). Tím je zcela bezpečně zajištěno, že se při částečné i úplné nesymetrii napájecího napětí nemohou zničit reproduktory. Proto není bezpodmínečně nutné použít u tohoto zesilovače aktivní ochranu reproduktorů.

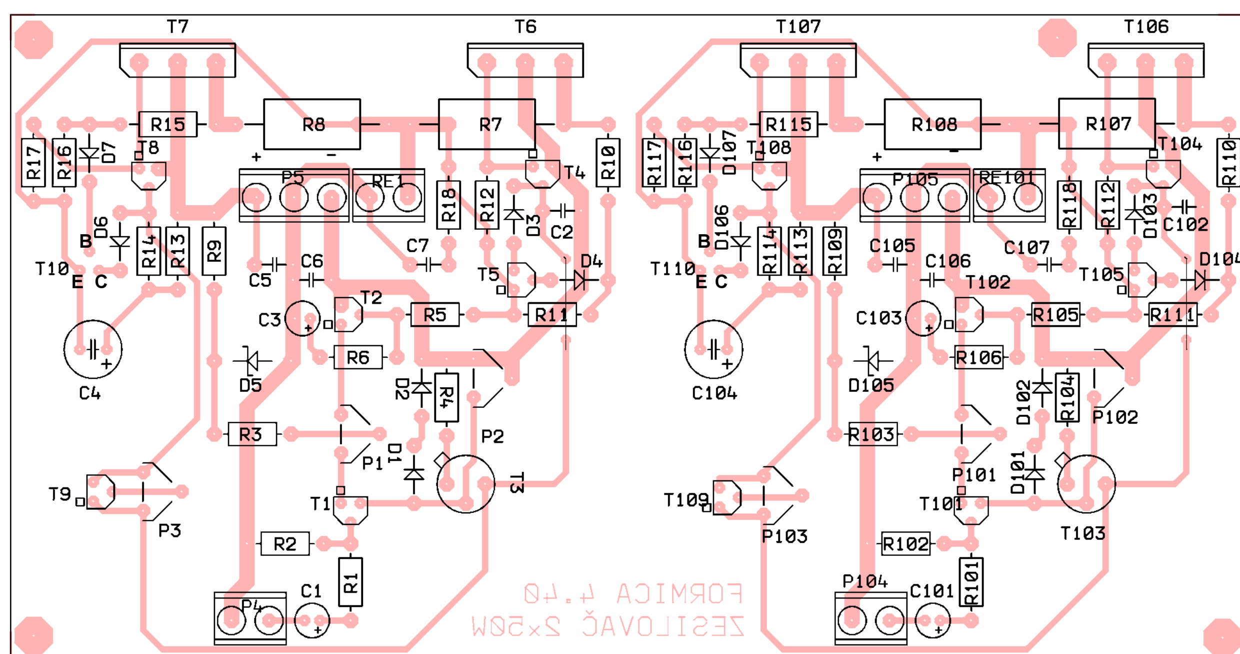
Dvojice tranzistorů T1-T2, T4-T8, T6-T7 a odpovídající ve druhém kanálu je nutné párovat měřičem proudového zesílení. Dvojici T1-T2 párujeme při proudu báze I_b = 10 μA, dvojici T4-T8 při proudu I_b = 100 μA a dvojici T6-T7 při proudu I_b = 100 μA a 1 mA. Dále je nutné kontrolovat u tranzistorů průrazné napětí U_{ceo}, které musí být stejné



Obr. 49. Výkonový zesilovač 2x 50 W



Obr. 50. Obrazec spojů výkonového zesilovače 2x 50 W (měř.: 1 : 1)



Obr. 51. Rozmístění součástek na desce výkonového zesilovače 2x 50 W. Pozor na zapojení tranzistorů T10 a T110

nebo větší než celkové napájecí napětí, tj. 50 V.

Kmitočtová charakteristika je při plném výstupním výkonu rovná s odchylkou nejvýše ±1 dB v pásmu 20 Hz až 50 kHz, šum při zkratovaném vstupu je max. 15 µV a nelineární a intermodulační zkreslení je menší než 0,1 %.

Seznam součástek

R1, R101	2,2 kΩ, miniaturní
R2, R102	22 kΩ, miniaturní
R3, R103	15 kΩ, miniaturní
R4, R104	33 Ω, miniaturní
R5, R105	47 kΩ, miniaturní
R6, R9, R14, R106, R109, R114	3,3 kΩ, miniaturní
R7, R8, R107, R108	0,5 Ω/2 W, drátový
R10, R15, R110, R115	150 Ω, miniaturní
R11, R16, R111, R116	100 Ω, miniaturní
R12, R17, R112, R117	1 kΩ, miniaturní
R13, R113	330 Ω, miniaturní
R18, R118	4,7 Ω, miniaturní
P1, P101	220 Ω, trimr
P2, P102	15 kΩ, trimr
P3, P103	1 kΩ, trimr
C1, C101	2,2 µF/50 V, radiální
C2, C102	470 pF, keramický
C3, C103	10 µF/35 V, radiální
C4, C104	47 µF/35 V, radiální
C5, C6, C7, C105, C106, C107	47 nF, keramický
D1, D2, D101, D102	KA262
D3, D4, D6, D7, D103, D104, D106, D107	KA262
D5, D105	KZ260/6V8
T1, T2, T101, T102	KC307
T3, T103	KF508
T4, T104	KC636
T5, T105	KC308
T6, T106	TIP147
T7, T107	TIP142
T8, T108	KC637
T9, T109	KC237
T10	KC238
T110	KC237
RE1, RE101	reproduktor 4 Ω
S1, S101	svorkovnice ARK500/2

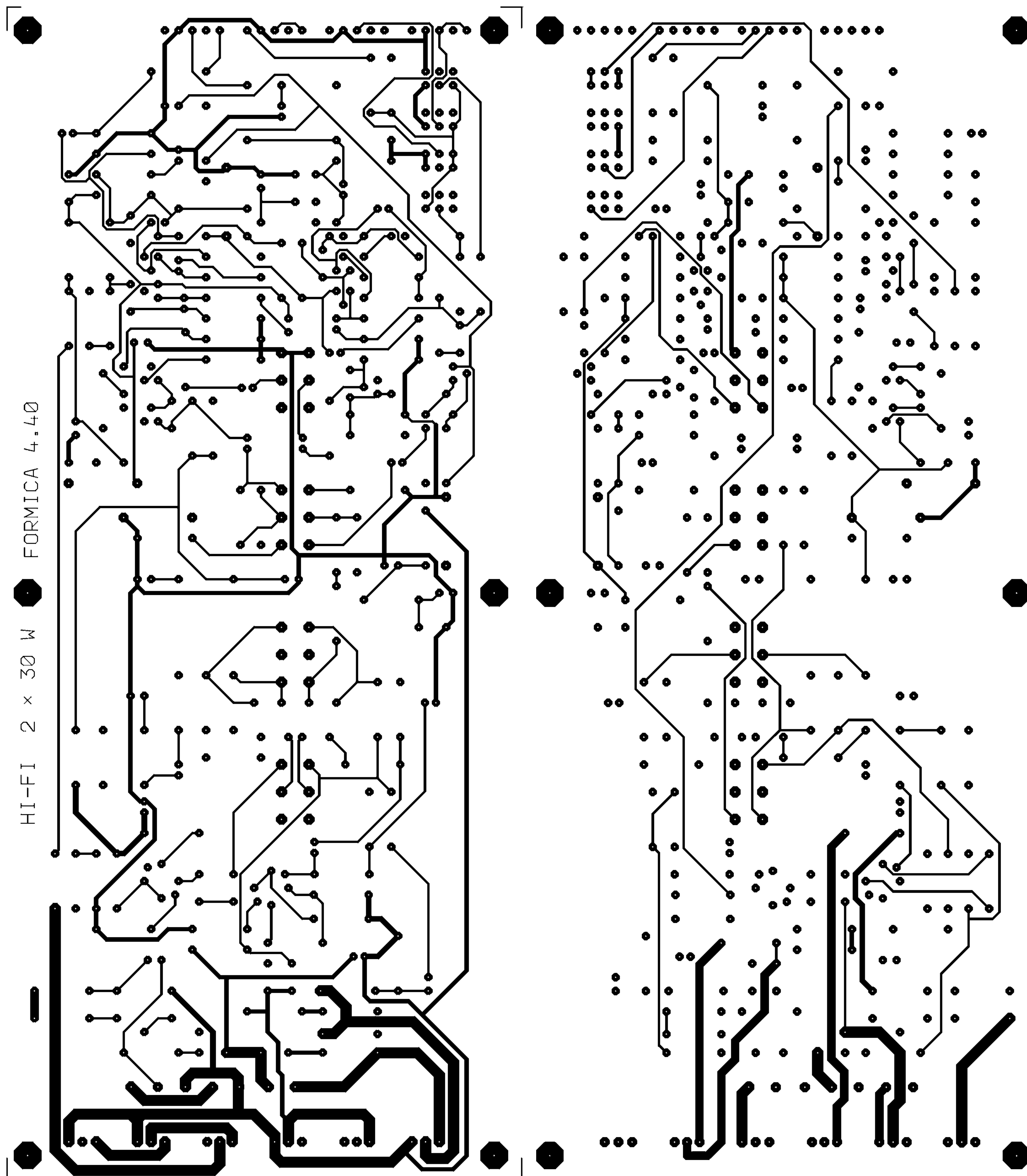
deska s plošnými spoji: ZESILOVAČ 2x50W

Nf zesilovač 2x 30 W pro náročné

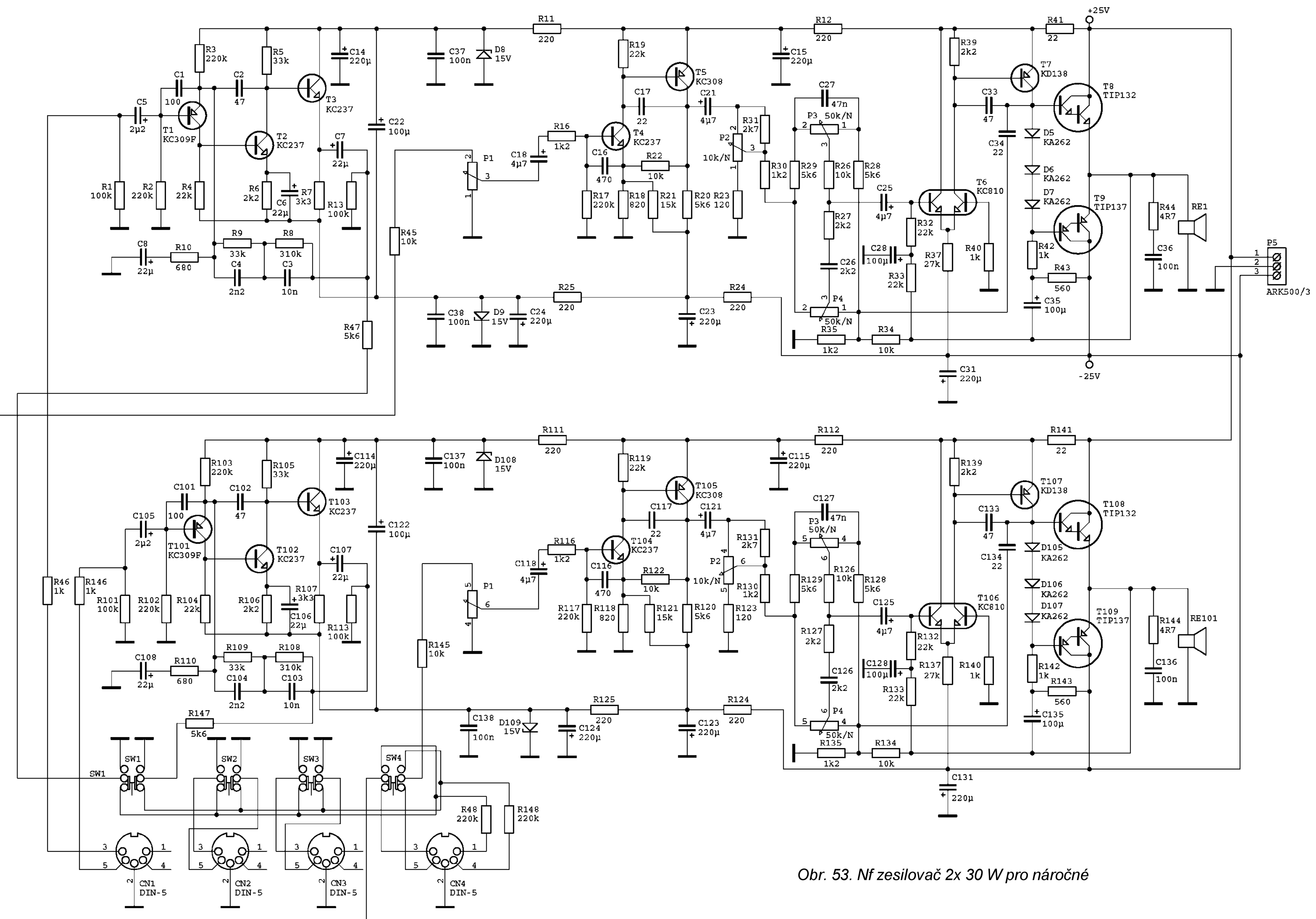
Schéma úplného nf zesilovače s parametry hi-fi je na obr. 53. Zesilovač má čtyři vstupy: pro gramofon, tuner, magnetofon a univerzální vstup. Odstup signál/šum u vstupu pro gramofon je -60 dB, u ostatních vstupů je -80 dB. Regulace hloubek je ±12 dB/40 Hz, regulace výšek je ±12 dB/12 kHz. Intermodulační zkreslení je max. 0,15 %, kmitočtová napěťová charakteristika je 20 Hz až 30 kHz/-2 dB. Vstupy se přepínají otočnými přepínači nebo tlačítkovými přepínači ISOSTAT.

A nyní k vlastní konstrukci, která je oproti současným zvyklostem osazena tranzistory (dnes se běžně používají IO).

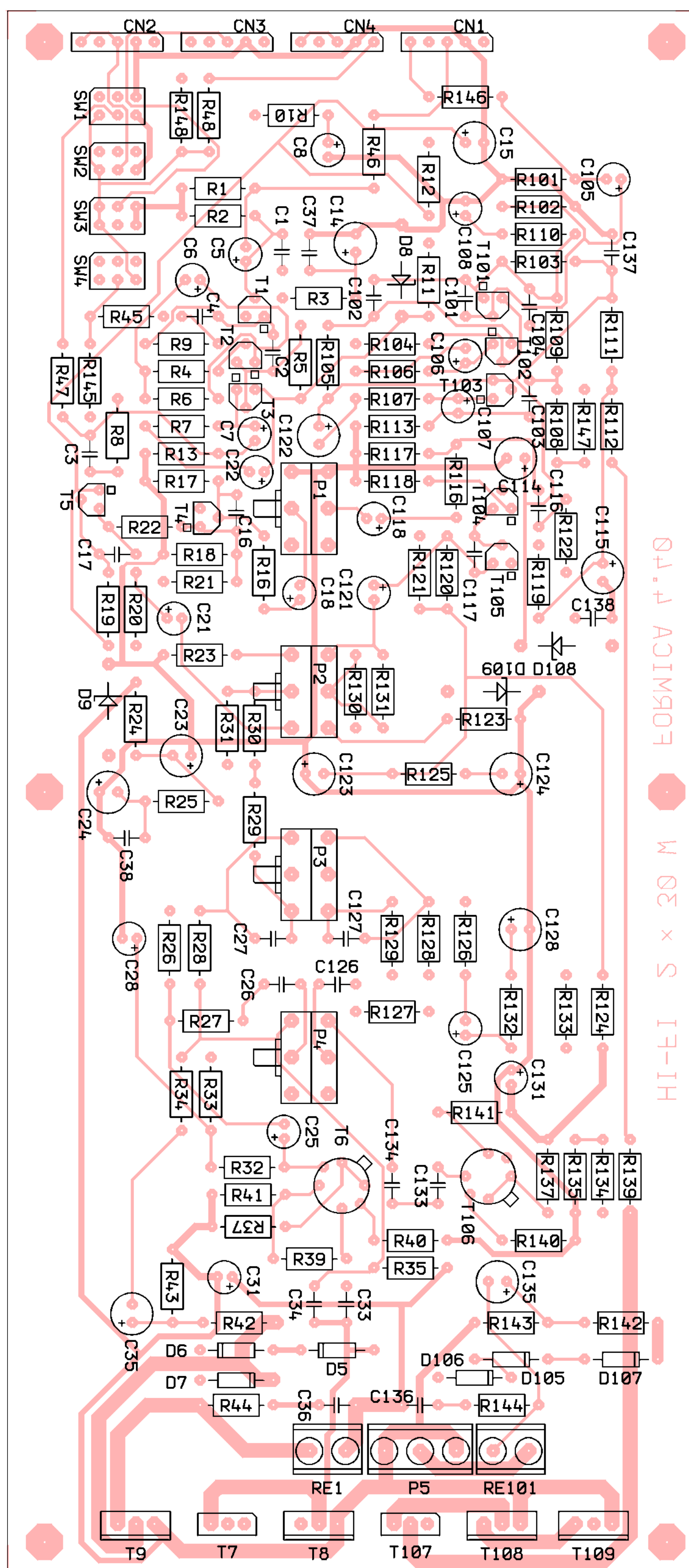
Nf signál z magnetodynamické přenosky o velikosti asi 2 mV je přiváděn přes oddělovací rezistor R46 a vazební kondenzátor C5 na korekční zesilovač s tranzistory T1 až T3. Kmitočtová charakteristika korekčního zesilovače podle charakteristiky RIAA je nastavena součástkami R8, R9, C3 a C4 (časové konstanty 3180, 318 a 75 μs). Stabilitu zesilovače zajišťují kondenzátory C1,



Obr. 52. Obrazec spojů na straně pájení (vlevo) a na straně součástek (vpravo) zesilovače 2x 30 W (měř.: 1 : 1)



Obr. 53. Nf zesilovač 2x 30 W pro náročné



Obr. 54. Rozmístění součástek na desce nf zesilovače 2x 30 W

C2 a C6. Napěťové zesílení korekčního zesilovače je asi 50.

Takto zesílený nf signál z přenosky je přes oddělovací kondenzátor C7 a přepínač SW1 pro volbu vstupu přiveden na regulátor hlasitosti P1. Přes další přepínače SW2 až SW4 jsou přímo na P1 přivedeny i nf signály z ostatních vstupů.

Z běžce P1 je nf signál veden přes oddělovací kondenzátor C18 a rezistor R16 na zesilovač napětí s tranzistory T4 a T5. Jeho zesílení asi 12 je nastaveno zpětnovazebním děličem s rezistory R22 a R18. Pracovní body obou tranzistorů jsou určeny rezistory R17, R19, R20 a R21. Nežádoucí signály v nadakustickém pásmu jsou potlačeny kondenzátory C16 a C17.

Zesílený nf signál je přes oddělovací kondenzátor C21 přiveden na potenciometr P2, kterým se nastavuje vyvážení kanálů (balance). Rozsah regulace vyvážení je omezen rezistory R23 a R31.

Z běžce potenciometru P2 je přiváděn nf signál na Baxandallův zpětnovazební korektor hloubek a výšek, který je zapojen ve zpětnovazební smyčce koncového zesilovače.

Zlomový kmitočet u hloubek je nastaven kondenzátorem C27 a u výšek kondenzátorem C26. Omezení regulace u hloubek je nastaveno rezistory R28 a R29. Vzájemné ovlivňování regulátorů hloubek a výšek je omezeno oddělovacími rezistory R26 a R27.

Z korektoru je nf signál přiveden přes oddělovací kondenzátor C25 na vstupní diferenční stupeň koncového zesilovače. Diferenční stupeň je osazen tranzistorem T6 typu KC810, který obsahuje dva tranzistory NPN v jednom pouzdře a dobře se hodí pro tento účel.

Z diferenčního stupně je nf signál veden na bázi výkonového budiče s tranzistorem T7. Signálem z kolektoru T7 jsou buzeny báze výkonových komplementárních Darlingtonových tranzistorů T8 a T9, které tvoří koncový stupeň. Předpětí tranzistorů T8 a T9 ve třídě AB je zajištěno diodami D5, D6 a D7. Větší rozkmit napětí v koncovém stupni je dosažen proudovou pumpou se součástkami C35, R42 a R43. Napěťové zesílení koncového stupně (asi 8) je určeno zpětnovazebním děličem s rezistory R34 a R35. Výkonové tranzistory jsou umístěny na společný dostatečně dimenzovaný hliníkový chladič. Na výstupu zesilovače je standardní Boucherottův článek *R44, C36*, který potlačuje zákmity v nadakustickém pásmu kmitočtů. Celková stabilita koncového stupně je zvětšována kondenzátory C33 a C34.

Zesilovač je napájen napětím ±25 V z nestabilizovaného zdroje. Lze použít např. zdroj z předcházejícího zesilovače 2x 50 W.

Korekční zesilovače jsou napájeny přes filtrační články *RC*. Napájecí napětí korekčního zesilovače pro přenosku je navíc stabilizováno Zenerovými diodami D8 a D9.

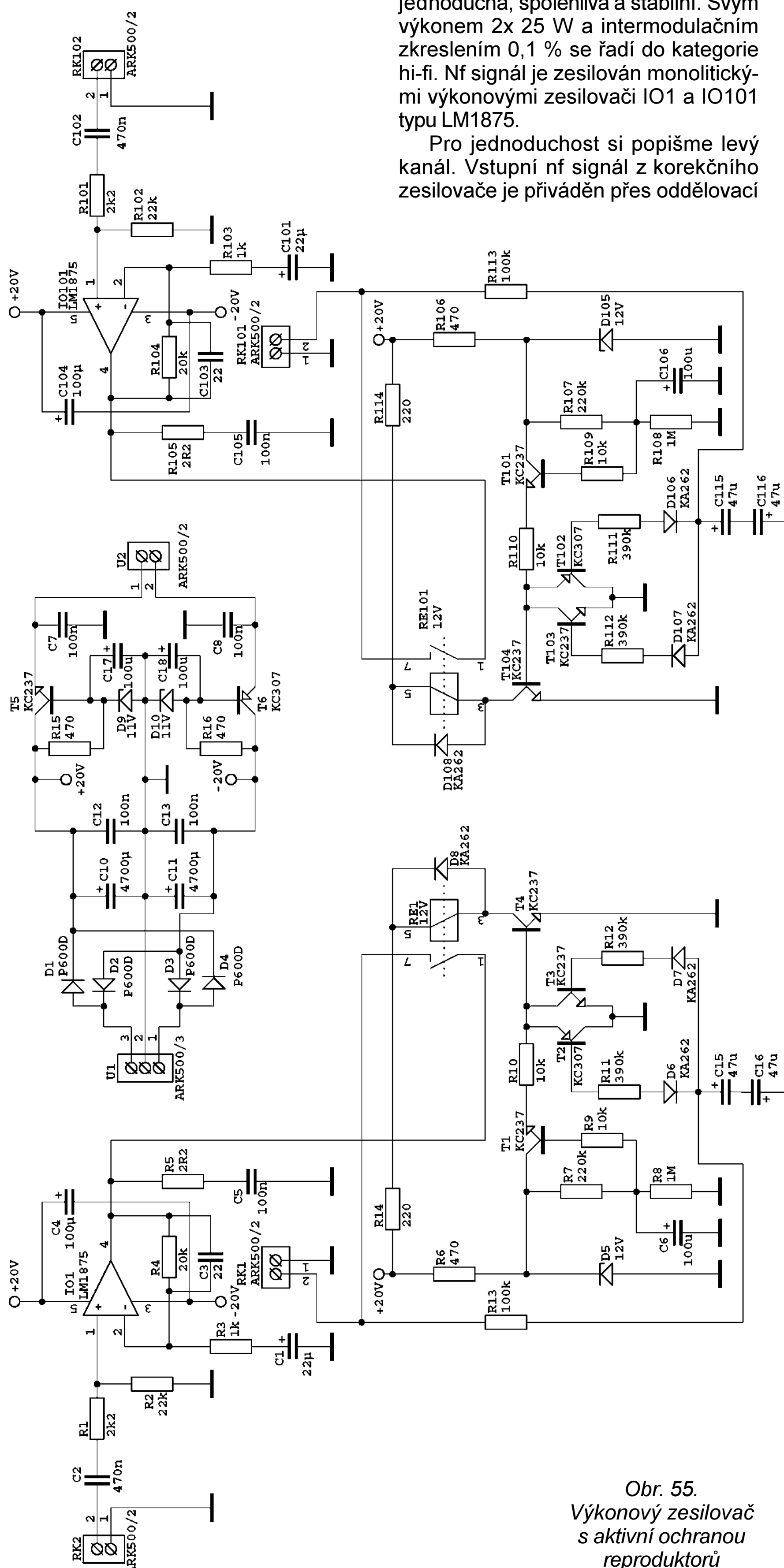
Součástky zesilovače 2x 30 W jsou umístěny na desce s dvoustrannými plošnými spoji. Obrazce spojů na straně pájení a na straně součástek jsou na obr. 52, rozmístění součástek na desce je na obr. 54.

Seznam součástek

R1, R13, R101, R113	100 kΩ, miniaturní
R2, R3, R17, R48, R102, R103, R117, R148	220 kΩ, miniaturní
R4, R19, R32, R33, R104, R119, R132, R133	22 kΩ, miniaturní
R5, R9, R105, R109	33 kΩ, miniaturní
R6, R27, R39, R106, R127, R139	2,2 kΩ, miniaturní

R7, R107	3,3 kΩ, miniaturní
R8, R108	310 kΩ, miniaturní
R10, R110	680 Ω, miniaturní
R11, R12, R24, R25, R111, R112, R124, R125	220 Ω, miniaturní
R16, R30, R35, R116, R130, R135	1,2 kΩ, miniaturní
R18, R118	820 Ω, miniaturní
R20, R28, R29, R47, R120, R128, R129, R147	5,6 kΩ, miniaturní
R21, R121	15 kΩ, miniaturní
R22, R26, R34, R45, R122, R126, R134, R145	10 kΩ, miniaturní
R23, R123	120 Ω, miniaturní
R31, R131	2,7 kΩ, miniaturní
R37, R137	27 kΩ, miniaturní
R40, R42, R46, R140, R142, R146	1 kΩ, miniaturní
R41, R141	22 Ω, miniaturní
R43, R143	560 Ω, miniaturní
R44, R144	4,7 Ω, miniaturní
P1	2x 10 kΩ/log., potenciometr
P2	2x 10kΩ/lin., potenciometr
P3, P4	2x 50kΩ/lin., potenciometr
C1, C101	100 pF, keramický
C2, C33, C102, C133	47 pF, keramický
C3, C103	10 nF, fóliový
C4, C104	2,2 nF, fóliový
C5, C105	2,2 µF/50 V, radiální
C6, C7, C8, C106, C107, C108	22 µF/50 V, radiální
C14, C15, C114, C115	220 µF/35 V, radiální
C16, C116	470 pF, keramický
C17, C34, C117, C134	22 pF, keramický
C18, C118	4,7 µF/50 V, radiální
C21, C121	4,7 µF/50 V, radiální
C22, C122	100 µF/35 V, radiální
C23, C24, C123, C124	220 µF/35 V, radiální
C25, C125	4,7 µF/50 V, radiální
C26, C126	2,2 nF, fóliový
C27, C127	47 nF, fóliový
C28, C128	100 µF/16 V, radiální
C31, C131	220 µF/35 V, radiální
C35, C135	100 µF/35 V, radiální
C36, C37, C38, C136, C137, C138	100 nF, fóliový
D5, D6, D7, D105, D106, D107	KA262
D8, D9, D108, D109	BZX83V015 (Zenerova dioda 15 V/0,5 W)
T1, T101	KC309F
T2, T3, T4, T102, T103, T104	KC237
T5, T105	KC308
T6, T106	KC810
T7, T107	KD138
T8, T108	TIP132
T9, T109	TIP137
CN1, CN2, CN3, CN4	zásuvka DIN-5
RE1, RE101	reproduktor 4 Ω
P5	svorkovnice ARK500/2
SW1, SW2, SW3, SW4	přepínače, viz text

deska s plošnými spoji: HI-FI 2X 30 W



Obr. 55. Výkonový zesilovač s aktivní ochranou reproduktorů

Výkonový zesilovač s aktivní ochranou reproduktorů

Zesilovač, jehož schéma je na obr. 55, představuje konstrukci, která je jednoduchá, spolehlivá a stabilní. Svým výkonem 2x 25 W a intermodulačním zkreslením 0,1 % se řadí do kategorie hi-fi. Nf signál je zesilován monolitickými výkonovými zesilovači IO1 a IO101 typu LM1875.

Pro jednoduchost si popišme levý kanál. Vstupní nf signál z korekčního zesilovače je přiváděn přes oddělovací

kondenzátor C2 a rezistor R1 na neinvertující vstup *1* IO1. Vstupní odpor zesilovače je určen odporem rezistoru R2 (jeho velikost může být 10 až 47 kΩ). Napěťové zesílení zesilovače je nastaveno zpětnovazebním děličem s rezistory R4 a R3. Tato vazba je galvanicky oddělena kondenzátorem C1. Pro zvětšení stability koncového stupně je paralelně k rezistoru R4 zapojen kondenzátor C3, který odstraňuje nežádoucí signály v nadakustickém pásmu. Na výstupu je zapojen obvyklý Boucherotův článek *R5*, *C5*. Napájecí napětí je filtrováno v blízkosti napájecích vývodů IO1 kondenzátorem C4. Pokud by zesilovač zakmitával v nadakustickém pásmu, což by se projevovalo zvýšenou teplotou pouzder IO1 a IO101 a celkovou nestabilitou zapojení, je možné na straně spojů mezi napájecí větve a zem připájet co nejblíže k vývodům IO1 a IO101 blokovací keramické kondenzátory o kapacitě 100 nF/40 V. V mé konstrukci se tato nestabilita nevyskytla a proto uvedené kondenzátory nebyly použity.

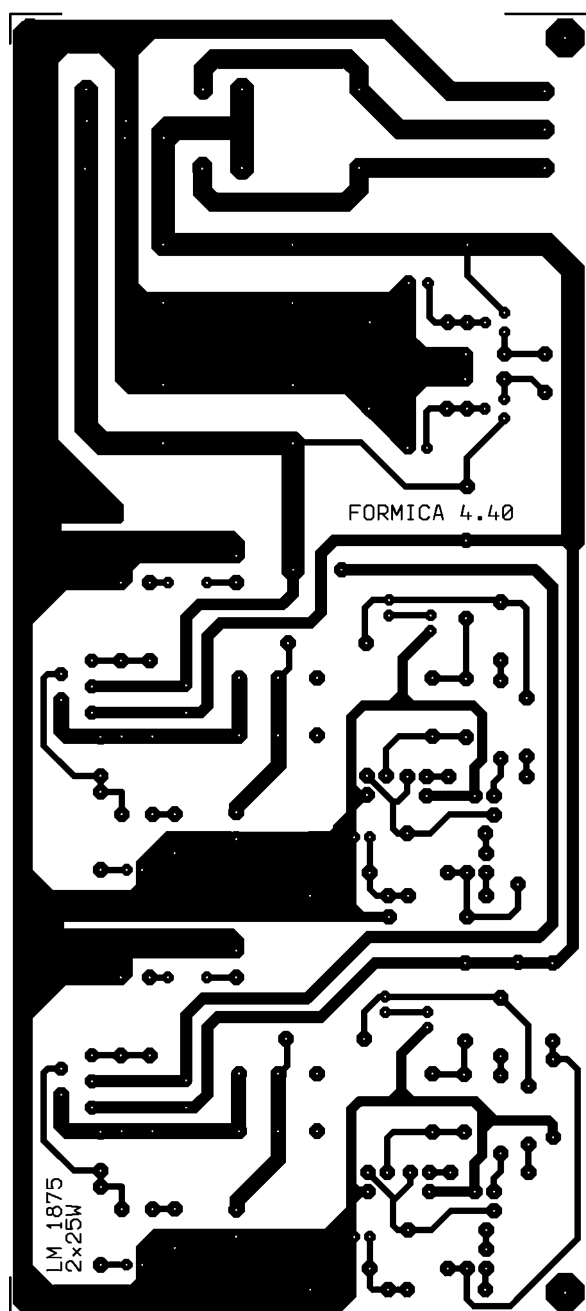
Zesilovač je napájen klasickým symetrickým nestabilizovaným zdrojem.

Zdroj obsahuje síťový transformátor 230 V/2x 12 až 17 V/100 až 150 VA, který není nakreslen na schématu na obr. 55. Sekundární vinutí transformátoru jsou připojena na svorkovnici U1. V přívodech ke svorkám *3* a *1* U1 jsou vloženy pojistky 2 A.

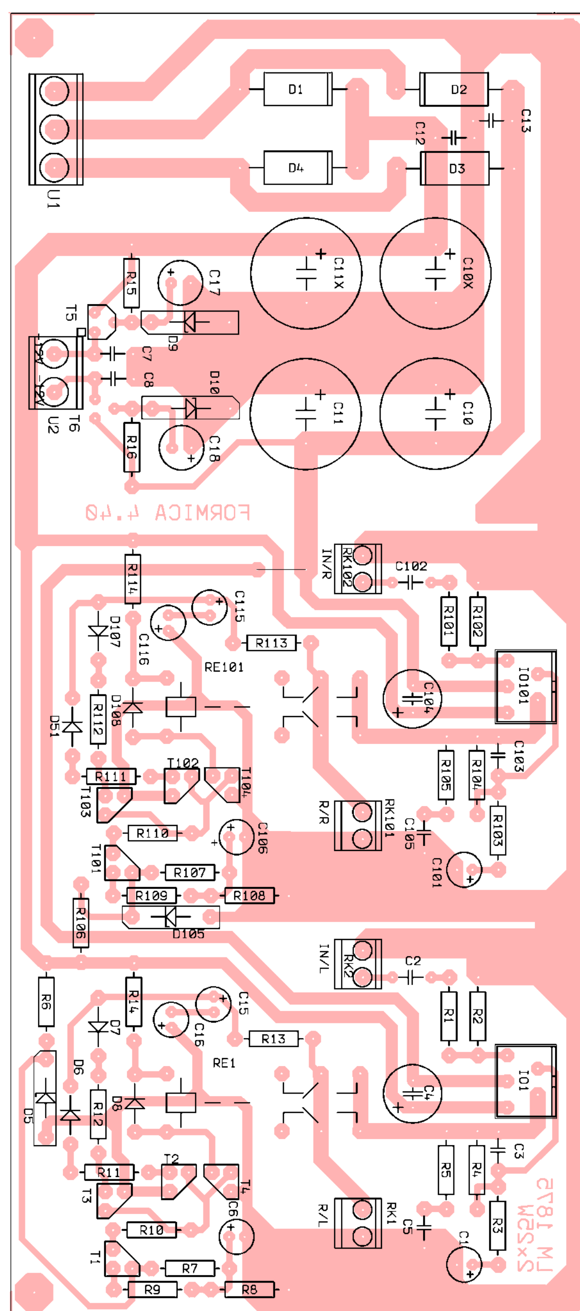
Napětí z transformátoru je dvoucestně usměrňováno diodami D1 až D4 a filtrováno kondenzátyory C10, C10X, C11, C11X (kondenzátory C10X a C11X mohou být připojeny paralelně k C10 a C11, aby měl zdroj větší rezervu energie a zvětšil se hudební výkon zesilovače). Vysokofrekvenčně jsou napájecí sběrnice blokovány keramickými kondenzátory C12 a C13.

Součástí zdroje jsou i stabilizátory a filtry symetrického napájecího napětí pro případný korekční zesilovač. Stabilizátory i filtry jsou aktivní s emitorovými sledovači s tranzistory T5 a T6. Pokud napájecí napětí pro korekční zesilovač nepotřebujeme, tranzistory T5, T6 a jim příslušející součástky nezapojíme.

Obvod aktivní ochrany chrání reproduktory před spálením stejnosměrným napětím, které by se mohlo vyskytnout na výstupu zesilovače při poruše IO1, IO101 nebo napájecího zdroje. Ochranného obvodu je též využito k opožděnému připojení (asi o 3 s) a okamžitému odpojení reproduktorů od výstupu zesilovače při zapnutí a vypnutí napájení, aby se zamezilo silným akustickým rá-



Obr. 56. Obrazec spojů výkonového zesilovače s aktivní ochranou reproduktorů (měř.: 1 : 1)



Obr. 57. Rozmístění součástek na desce výkonového zesilovače s aktivní ochranou reproduktorů

zům, které by byly způsobeny náběhem a zánikem napájecích napětí v zesilovači.

Obvod aktivní ochrany levého kanálu obsahuje tranzistory T1 až T4. Je napájen z kladné napájecí větve zesilovače. Při zapnutí napájecího napětí se kondenzátor C6 začne pomalu nabíjet přes rezistor R7. Přibližně po třech sekundách dosáhne ss napětí na C6 velikosti asi 1,5 V, sepnou tranzistory T1 a T4 a přitáhne relé RE2. Relé tak se zpožděním asi 3 s připojí reproduktor k výstupu zesilovače. Dobu zpoždění můžeme upravit změnou kapacity kondenzátoru C6 (větší kapacita *C6* znamená větší zpoždění a naopak), navržená doba 3 s však byla shledána jako optimální, protože s malou rezervou přesahuje dobu ustálení pracovních poměrů zesilovače. Proti špičkám napětí vznikajícím při spínání cívky relé je tranzistor T4 chráněn diodou D8. Aby nebyla cívka relé 12 V příliš namáhána napájecím napětím 20 V, je v jejím obvodu zapojen srážecí rezistor R14, na kterém se vytváří potřebný úbytek napětí.

Stejnosměrnou složku výstupního napětí zesilovače hlídají tranzistory T2 a T3. Výstupní napětí se na jejich báze přivádí přes filtr typu dolní propust se součástkami R13, C15 a C16 (C15 a C16 tvoří tzv. bipolární kondenzátor). Střídavá složka výstupního napětí nemá díky veliké časové konstantě filtru žádný vliv na funkci ochrany. Stejnosměrné poruchové napětí z výstupu zesilovače však filtrem projde a v závislosti na své polaritě vybudí přes oddělovací diody D6 a D7 a rezistory R11 a R12 bázi jednoho z tranzistorů T2 nebo T3. Aby sepnul T3, musí být na výstupu zesilovače ss napětí větší než 1,0 V, aby sepnul T2, musí být toto ss napětí menší než -0,7 V. Sepnutým tranzistorem T2 nebo T3 se spojí báze tranzistoru T4 se zemí, relé odpadne a reproduktor se odpojí od zesilovače. Teprve po uplynutí doby určené časovou konstantou filtru s R13, C15 a C16 se reproduktory opět připojí k výkonovému zesilovači.

Součástky zesilovače, napájecího zdroje i ochranných obvodů jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 56, rozmístění součástek na desce je na obr. 57.

Pouzdra výkonových zesilovačů IO1 a IO101 připevníme přes izolační slídové podložky (potřené silikonovou vazelínou) k dostatečně dimenzovanému chladiči.

Po zapájení součástek výkonový zesilovač oživíme. Po připojení napájecího napětí bychom měli naměřit v každé napájecí větvi maximální klidový proud do 100 mA a na výstupních svorkách zesilovače ss napětí v rozmezí ±20 mV. Toto ss napětí naměříme až asi po 3 s, kdy bychom také měli uslyšet slabé cvaknutí relé.

Konstrukce nemá žádné záludnosti a při pečlivé práci je tento kvalitní výkonový zesilovač asi za 2 hodiny práce hotov a připraven k okamžitému použití.

Vhodné korekční zesilovače pro popsaný výkonový zesilovač jsou uvedeny v dalších kapitolách tohoto čísla KE.

Seznam součástek

R1, R101	2,2 kΩ, miniaturní
R2, R102	22 kΩ, miniaturní
R3, R103	1 kΩ, miniaturní
R4, R104	20 kΩ, miniaturní
R5, R105	2,2 Ω/0,6 W/1 %, metal.
R6, R15, R16, R106	470 Ω, miniaturní
R7, R107	220 kΩ, miniaturní
R8, R108	1 MΩ, miniaturní
R9, R10, R109, R110	10 kΩ, miniaturní
R11, R12, R111, R112	390 kΩ, miniaturní
R13, R113	100 kΩ, miniaturní
R14, R114	220 Ω, miniaturní
C1, C101	22 µF/35 V, radiální
C2, C102	470 nF/63 V, fóliový
C3, C103	22 pF, keramický
C4, C104	100 µF/50 V, radiální
C5, C7, C8, C12, C13, C105	100 nF, keramický
C6, C106	100 µF/16 V, radiální
C10, C11	4700 µF/35 V, radiální
C10X, C11X	4700 µF/35 V, radiální, viz text
C15, C16, C115, C116	47 µF/16 V, radiální
C17, C18	100 µF/16 V, radiální
D1, D2, D3, D4	P600D
D5, D105	BZX83V012 (Zenerova dioda 12 V/0,5 W)
D6, D7, D8, D106, D107, D108	KA262
D9, D10	BZX83V011 (Zenerova dioda 11 V/0,5 W)
T1, T3, T4 T5, T101, T103, T104	KC237
T2, T6, T102	KC307
IO1, IO101	LM1875
RE1, RE101	relé spínací, 12 V
RK1, RK2, RK101, RK102, U2	svorkovnice ARK500/2
U1	svorkovnice ARK500/3

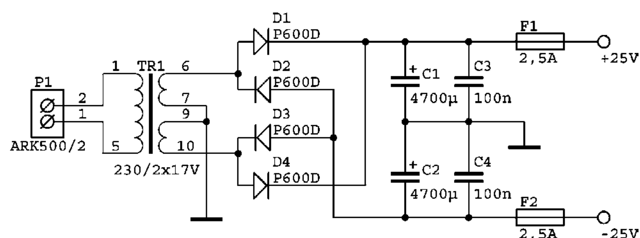
deska s plošnými spoji: LM1875 2X25W

Napájecí zdroj pro výkonový zesilovač

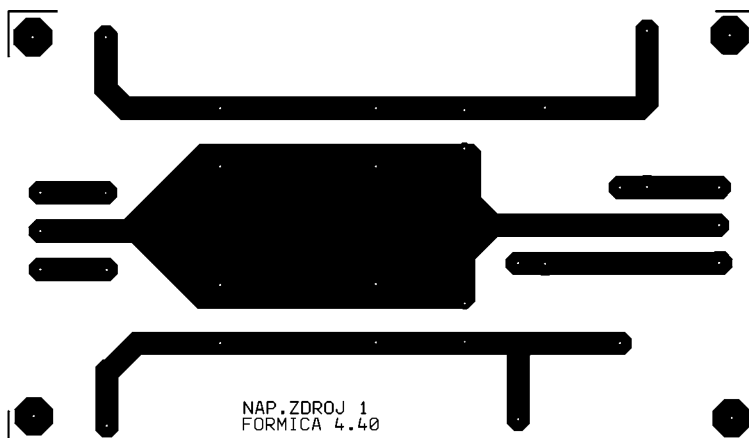
Napájení výkonových zesilovačů není příliš problematické, lze použít jakýkoliv symetrický stabilizovaný nebo nestabilizovaný zdroj, který je dostatečně „tvrdý“, má malé zvlnění a poskytuje dostatečné napětí a proud. Pro popisované zesilovače doporučuji použít nestabilizovaný zdroj, jehož schéma je na obr. 58.

Síťové napětí je zmenšováno výkonovým transformátorem TR1 s odbočkou ve středu sekundárního vinutí. K dvoucestnému usměrnění je třeba čtyř výkonových křemíkových diod D1 až D4. Usměrněné napětí je filtrováno kondenzátory C1 a C5 v kladné napájecí větvi a C2 a C6 ve větvi záporné. Keramické kondenzátory C3 a C4 zmenšují rušivé signály vznikající při spínání usměrňovacích diod. Společný bod filtračních kondenzátorů je propojen se středem sekundárního vinutí transformátoru a tvoří zem napáječe.

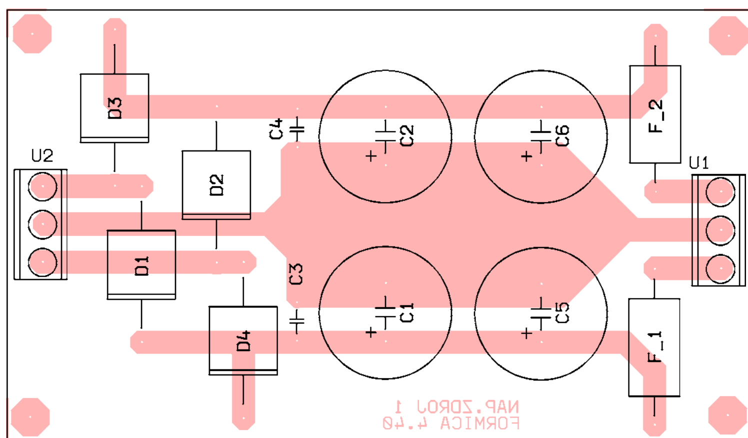
Návrh transformátoru a kapacita filtračních kondenzátorů závisí na maximálním výstupním výkonu, který budeme od zesilovače požadovat. Pro napájení popisovaných zesilovačů jsem použil běžný transformátor s jádrem z EI plechů o průřezu 32x32 mm pro výkon asi 80 VA. Zjednodušený výpočet takového transformátoru najdete



Obr. 58. Napájecí zdroj pro výkonový zesilovač



Obr. 59. Obrazec spojů napájecího zdroje (měř.: 1 : 1)



Obr. 60. Rozmístění součástek na desce napájecího zdroje

na stránkách odborných časopisů. Filtrační kondenzátory vyhoví podle seznamu součástek.

Součástky napájecího zdroje jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 59, rozmístění součástek na desce je na obr. 60.

Oproti schématu není na desce umístěn síťový transformátor TR1, ale jsou na ní svorkovnice U2 a U1 pro vstup a výstup napětí.

Při použití předem proměřených součástek funguje zdroj na první zapojení.

Seznam součástek

C1, C2, C5, C6	4700 µF/50 V, radiální
C3, C4	100 nF/63 V, keramický
D1, D2, D3, D4	P600D
F1, F2	pojistka 2,5 A
pojistkový držák (2 kusy)	
U1, U2	svorkovnice ARK500/3
deska s plošnými spoji: NAP. ZDROJ 1	
TR1	transformátor 230 V/2x 17 V (viz text)

Obvod pro aktivní ochranu reproduktorů

Moderní výkonové nf tranzistorové zesilovače se souměrným napájecím napětím nemají na výstupu oddělovací kondenzátor a reproduktory jsou připojovány přímo k emitorům koncových tranzistorů. Při poruše výkonového zesilovače nebo jeho napájecího zdroje se může na reproduktoru, který je připojen druhým vývodem na společný napájecí bod, objevit až plné ss napájecí napětí. Proud protékající cívkami reproduktorů způsobí jejich přehřátí, a pokud včas nezasáhne jištění napájecího zdroje, zničí se drahý reproduktor nebo celá reprodukční soustava.

Když se např. v zesilovači se symetrickým napájecím napětím ±25 V přivede napájecí napětí přímo na zatěžovací odpor 4 Ω , je tento odpor zatížen výkonem asi 150 W. Skutečný činný odpor cívky reproduktoru je však přibližně polovinou udávané impedance, takže by cívka musela proměnit v teplo výkon kolem 300 W. Takovou zátěž kmitačka nevydrží a zničí se nadměrným teplem.

Schéma ochranného obvodu, který odpojuje reproduktory při výskytu ss napětí na výstupu zesilovače, je na obr. 61. Operační zesilovač IO1 pracuje ve funkci komparátoru. Pokud je napětí ve společném bodě rezistorů R1 a R2 v blízkém okolí nuly, je na výstupu IO1 nízká úroveň, tranzistor T1 vede a relé RE1 je sepnuto, takže svými kontakty 11 a 14 připojuje obvody reproduktoru k výstupu výkonového zesilovače. Vybočí-li ss složka napětí na výstupech zesilovače z pásma necitlivosti ochranného obvodu, tj. překročí-li její velikost hodnotu asi ±0,9 V, objeví se na výstupu IO1 vysoká úroveň, tranzistor T1 se uzavře, relé RE1 odpadne a odpojí reproduktory.

Kondenzátor C1 tvoří spolu se vstupními rezistory R1 a R2 dolní propust, která zabraňuje tomu, aby ochranný obvod reagoval na užitečný nf signál.

Vstupy operačního zesilovače dostávají prostřednictvím diod D4 a D5 a rezistorů R3 až R5 malé předpětí, kterým je vytvářeno potřebné pásmo necitlivosti ±0,9 V.

Hodnoty součástek dolní propusti a šíře pásma necitlivosti jsou dobrým kompromisem mezi rychlou reakcí ochranného obvodu a necitlivostí k velkým signálům s nízkou frekvencí.

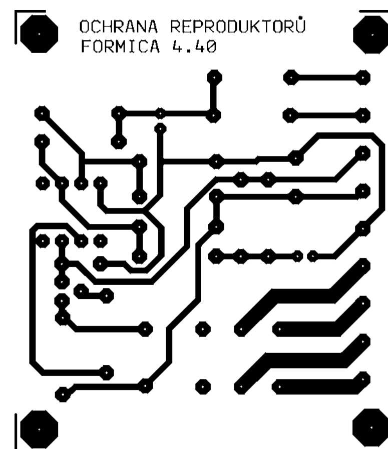
Ochranný obvod též odstraňuje nepříjemný zvuk (ráz) při zapnutí zesilovače tím, že zpozdí připojení reproduktorů k výstupům zesilovače. Zpožďovací obvod je tvořen součástkami R3 a C2. Relé připojí reproduktory po zapnutí napájení až tehdy, když se C2 nabije a napětí na invertujícím vstupu operačního zesilovače IO1 dosáhne klidové velikosti. Diodou D3 se C2 po odpojení napájecího napětí při vypnutí zesilovače rychle vybije.

Ochranný obvod je napájen symetrickým napětím ±12 až ±18 V. Relé musí mít počet kontaktů odpovídající počtu obvodů chráněných reproduktorů a jeho cívku lze připojit buď na společný bod nebo na zápornou sběrnici symetrického napájecího napětí.

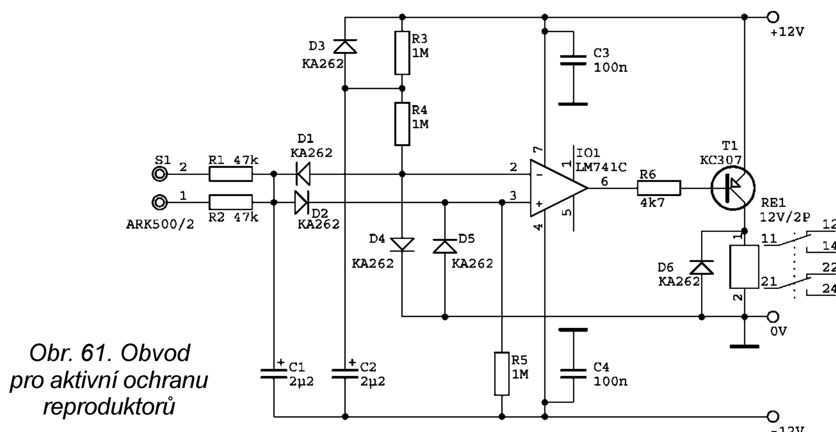
Součástky ochranného obvodu jsou připájeny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 62, rozmístění součástek na desce je na obr. 63.

Seznam součástek

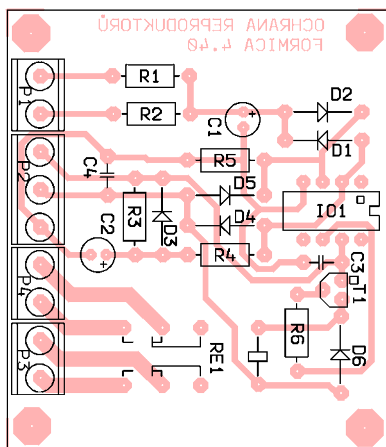
R1, R2	47 kΩ, miniaturní
R3, R4, R5	1 MΩ, miniaturní
R6	4,7 kΩ, miniaturní
C1, C2	2,2 µF/50 V, radiální
C3, C4	100 nF, keramický
D1, D2, D3, D4, D5, D6	KA262
T1	KC307
IO1	LM741C
RE1	relé 12 V se dvěma přepínacími kontakty



Obr. 62. Obrazec spojů obvodu ochrany reproduktorů (měř.: 1 : 1)



Obr. 61. Obvod pro aktivní ochranu reproduktorů



Obr. 63. Rozmístění součástek na desce obvodu ochrany reproduktorů

S1 (= P1),
P3, P4 svorkovnice ARK500/2
P2 svorkovnice ARK500/3
deska s plošnými spoji:
OCHRANA REPRODUKTORŮ

Nf korekční zesilovač

Různých zapojení korekčních zesilovačů existuje mnoho. Korekce jsou buď pasivní, nebo aktivní (v obvodu zpětné vazby zesilovače). Každé řešení má své klady, ale i zápory.

Nejvíce je používáno řešení s operačními zesilovači a s korekčními obvody ve zpětné vazbě. Jedno takové velice jednoduché zapojení korektoru s dobrými parametry je na obr. 64.

Při volbě typu operačního zesilovače jsem zkoušel různé obvody na „vrabčím hnízdě" a nakonec jsem vybral osvědčený dvojitý operační zesilovač (OZ) NE5532.

Korekční zesilovač reguluje hloubky v rozsahu ±12 dB/40Hz a výšky v rozsahu ±12dB/12 kHz. V akustickém pásmu 30 Hz až 30 kHz má zkreslení maximálně 0,2 %. Odstup signálu od šumu je vynikající (při jmenovitém vybuzení je větší než 80 dB).

Korekční zesilovač je napájen dobře filtrovaným symetrickým napětím ±12 V, které můžeme odebírat např. ze stabilizovaného zdroje popsaného v kapitole Výkonový zesilovač s aktivní ochranou reproduktorů.

Pro jednoduchost si popíšeme funkci levého kanálu. Korekční zesilovač má dva stupně. První stupeň je tvořen vstupním zesilovačem s OZ IO1B (vývody *5* až *7*), druhý stupeň je aktivní korektor s OZ IO1A (vývody *1* až *3*).

Vstupní zesilovač zesiluje zpracovávaný nf signál a impedančně přizpůsobuje zdroj nf signálu k aktivnímu korektoru. Zesílení vstupního zesilovače je přibližně 11 a je určeno zpětnovazebním děličem s rezistory R4 a R5. Zesílení lze měnit úpravou odporu rezistoru R5 (zmenšíme-li odpor rezistoru R5, zesílení se zmenší a naopak). Vstupní odpor vstupního zesilovače je dán paralelní kombinací odporů rezistorů R12 a R3 a je asi 50 kΩ (lze jej upravit změnou odporu rezistoru R12). Výstupní odpor vstupního zesilovače je téměř nulový, což je potřebné pro následující aktivní korektor.

Zesílený nf signál je z výstupu *7* IO1B přiváděn do aktivního korektoru. Potenciometry P2 se regulují hloubky a P1 výšky (v levých polohách běžců potenciometrů jsou hloubky a výšky zdůrazňovány, v pravých polohách běžců jsou potlačovány). Při daných odporech rezistorů a potenciometrů je dělicí kmitočet u regulátoru hloubek určen kapacitami kondenzátorů C2 a C3 a u regulátoru výšek kapacitami kondenzátorů C4 a C5. Rozsah regulace hloubek je omezen rezistory R6 a R7. Aby se zamezilo vzájemnému ovlivňování regulátorů hloubek a výšek, jsou do série s běžci potenciometrů P2 a P1 zapojeny rezistory R8 a R9. Korekční články *RC* jsou vloženy ve smyčce záporné zpětné vazby operačního zesilovače IO1A.

Zkorigovaný nf signál je z výstupu IO1A přiváděn na potenciometr P3 pro regulaci vyvážení stereofonního efektu. Rozsah regulace vyvážení (aby regulace nezačínala od nuly) je omezen rezistorem R11.

Za regulátorem vyvážení následuje regulátor hlasitosti s potenciometrem P4. Na rozdíl od předchozích potenciometrů, které jsou lineární, je P4 logaritmický. Oba dílčí potenciometry v obou kanálech (P4 a P104) jsou vybírány se souběhem 3 dB.

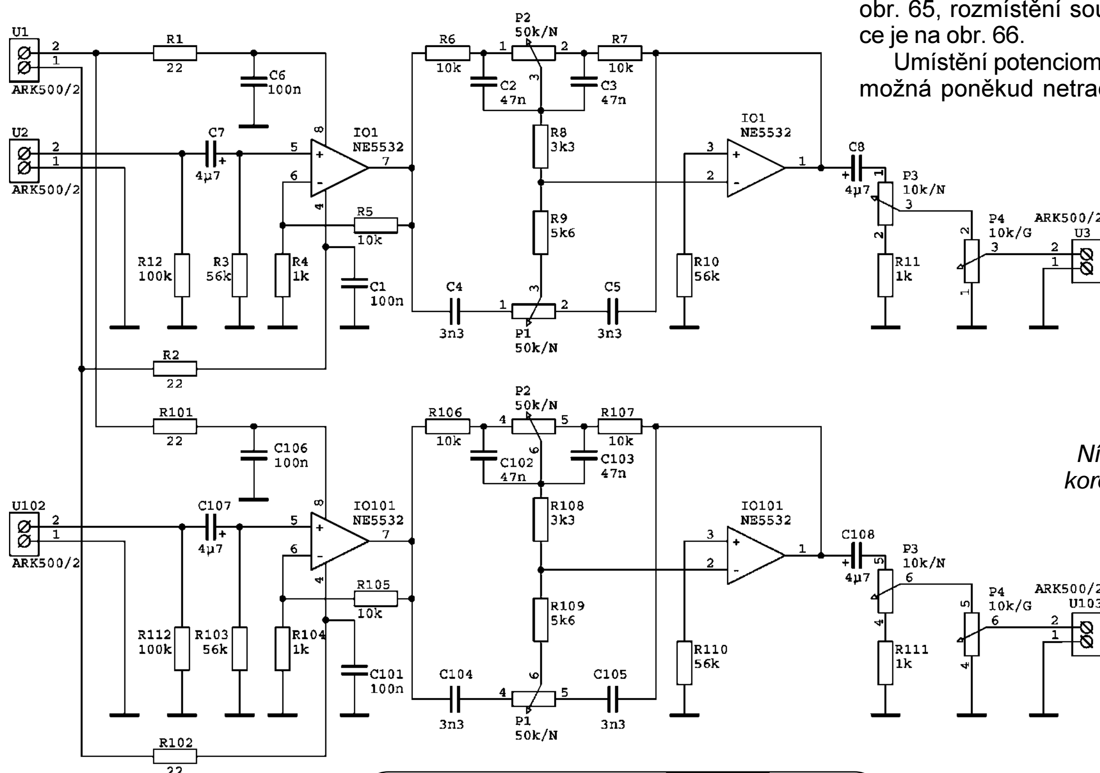
V korekčním zesilovači lze použít i jiné dvojité operační zesilovače, např. TL072, TL082, LM1458 apod.

Pokud máte potenciometr P4 s odbočkou, lze zapojit obvod pro fyziologickou regulaci hlasitosti, který při malé hlasitosti zdůrazní hloubky a výšky, aby se kompenzovaly specifické vlastnosti lidského sluchu. Obvodů pro fyziologickou regulaci hlasitosti byla v dostupné literatuře popsána celá řada.

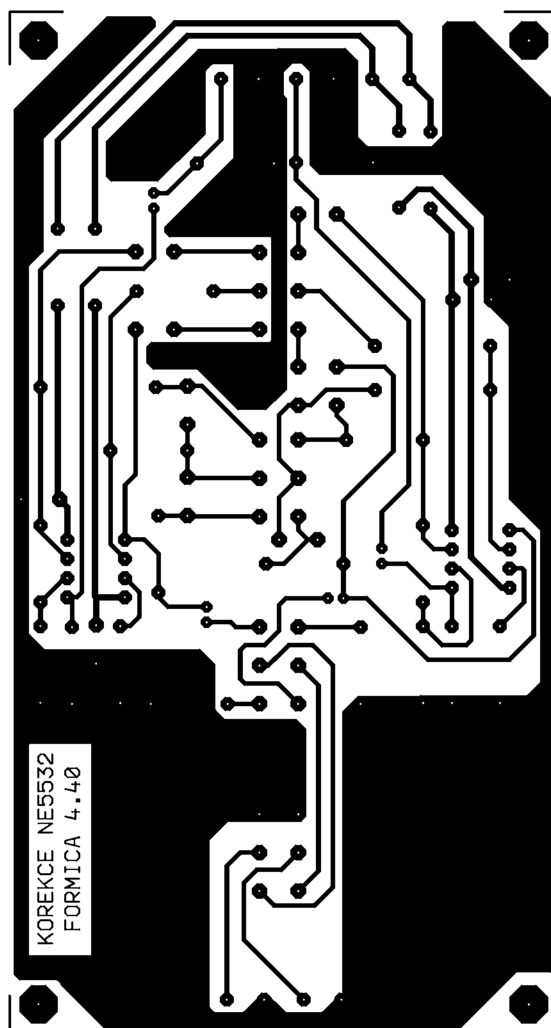
Fyziologický (ale i nefyziologický) regulátor hlasitosti je vhodné používat pouze k regulaci hlasitosti a nikoliv k vyrovnávání různých úrovní nf signálů z jednotlivých vstupů zesilovače. Správně mají mít signály ze všech vstupů před přivedením do korekčního zesilovače stejnou úroveň, a to takovou, aby při vytočení regulátoru hlasitosti na maximum byl výkonový zesilovač na prahu limitace. Ke sjednocení úrovní se používají podle potřeby předzesilovače nebo odporové děliče zapojené mezi jednotlivé vstupní konektory a přepínač vstupů.

Součástky korekčního zesilovače jsou osazeny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 65, rozmístění součástek na desce je na obr. 66.

Umístění potenciometrů na desce je možná poněkud netradiční, ale z hle-



Obr. 64. Nízkofrekvenční korekční zesilovač



Obr. 65. Obrazec spojů korekčního zesilovače (měř.: 1 : 1)

Obr. 66. Rozmístění součástek na desce korekčního zesilovače

diska návrhu plošných spojů je tato varianta optimální.

Seznam součástek

R1, R2, R101, R102	22 Ω, miniaturní
R3, R10, R103, R110	56 kΩ, miniaturní
R4, R11, R104, R111	1 kΩ, miniaturní
R5, R6, R7, R105, R106, R107	10 kΩ, miniaturní
R8, R108	3,3 kΩ, miniaturní
R9, R109	5,6 kΩ, miniaturní
R12, R112	100 kΩ, miniaturní
P1A, P2A	2x 50 kΩ/lin., tandemový potenciometr
P3A	2x 10 kΩ/lin., tandemový potenciometr
P4A	2x 10 kΩ/log., tandemový potenciometr
C1, C101	100 nF, keramický
C2, C3, C102, C103	47 nF/100 V, fóliový
C4, C5, C104, C105	3,3 nF/100 V, fóliový
C6, C106	100 nF, keramický
C7, C8, C107, C108	4,7 µF/35 V, radiální
IO1A, IO101A	NE5532
U1, U2, U3, U102, U103	svorkovnice ARK500/2

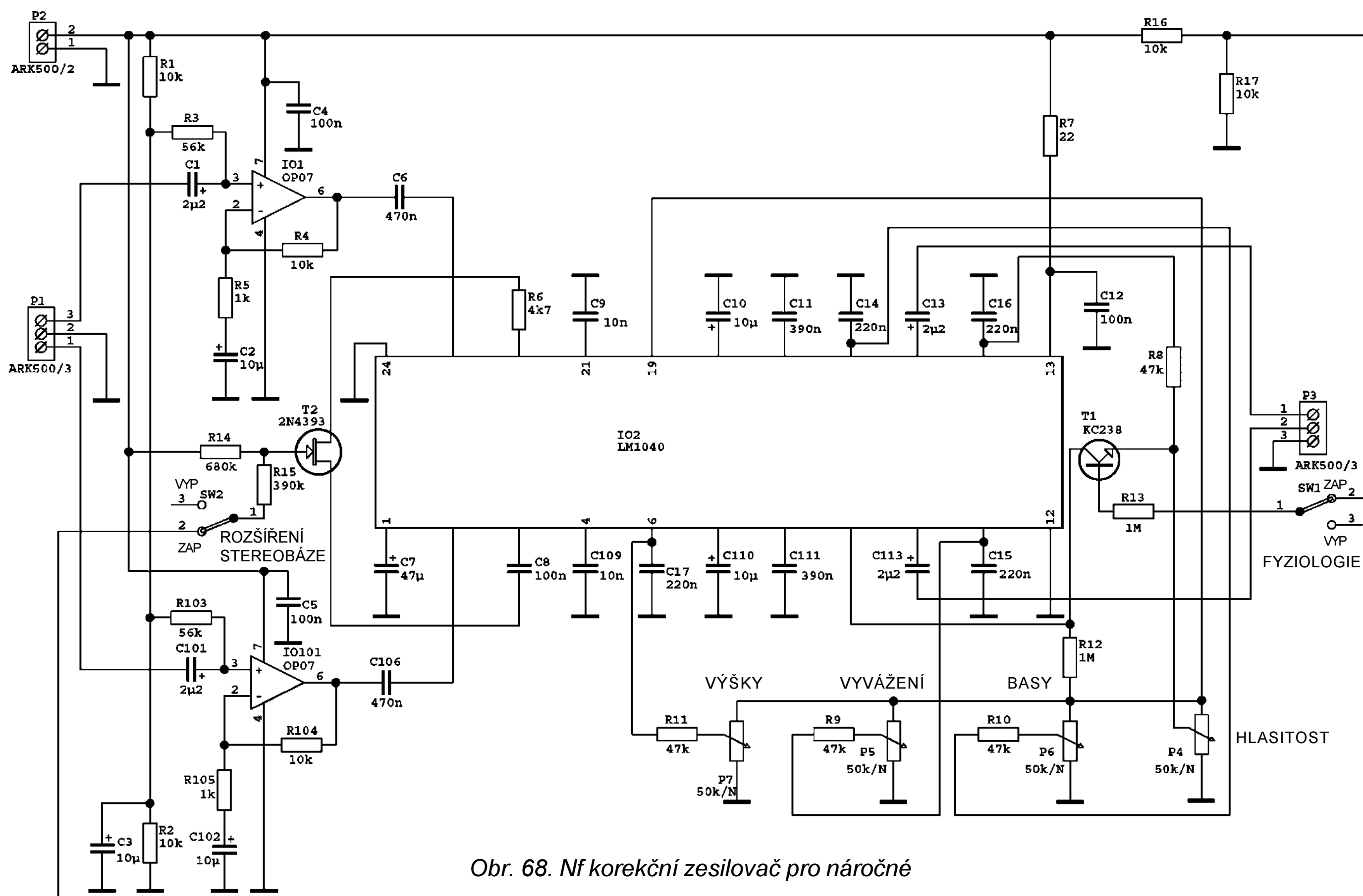
deska s plošnými spoji: KOREKCE NE5532

Nf korekční zesilovač pro náročné

Na obr. 68 je schéma velmi kvalitního stereofonní korekčního zesilovače z kategorie hi-fi pro nejnáročnější posluchače.

Korektor je aplikací korekčního obvodu LM1040 (IO2). Je napájen asymetricky napětím +9 až +16 V. Při vstupní úrovni 0,3 V je zkreslení 0,06 % a poměr signál/šum 80 dB. Rozsah regulace hlasitosti je 75 dB, rozsah vyvážení je 1 až -26 dB. Hloubky se regulují v rozsahu ±15 dB/40 Hz, výšky v rozsahu ±15 dB/16 kHz. K regulaci se používá ss napětí proměnné od 0 do +5,4 V, které je odvozeno z napětí vnitřního referenčního zdroje.

Obr. 67. Obrazec spojů nf korekčního zesilovače pro náročné (měř.: 1 : 1)



Obr. 68. Nf korekční zesilovač pro náročné

Vstupní nf signál je v obou kanálech zesilován na požadovanou úroveň vstupními zesilovači, ve kterých jsou použity vynikající nízkošumové operační zesilovače (OZ) OP07 (IO1, IO101).

Vstupní zesilovače mají zesílení 11 a vstupní odpor 56 kΩ. Zesilovače jsou na vstupech i výstupech odděleny vazebními kondenzátory (C1, C101, C6 a C106).

Dále si popíšeme levý kanál korektoru s LM1040 (IO2). Nf signál je přiváděn na vývod *23* IO2 do prvního stupně regulace hlasitosti s rozsahem 15 dB.

Fyziologická regulace hlasitosti se aktivuje úrovní napětí na vývodu *9* IO2. Je-li na vývod *9* IO2 přiváděno přes R12 napětí +5,4 V z výstupu referenčního napětí *19* IO2, pak je fyziologická regulace hlasitosti odpojena. Spojením vývodů *9* a *14* IO2 tranzistorem T1 se fyziologická regulace zapojí. Tranzistor T1 je ovládán přepínačem SW1 napětím z děliče R16, R17.

Na průběh fyziologické regulace mají vliv kondenzátory C9 a C11 (C9 na bod zlomu regulace výšek a C11 na bod zlomu regulace hloubek).

Obvod LM1040 umožňuje i rozšiřovat stereofonní bázi tím, že se spojí vývody *3* a *22* IO2 sériovým článkem *RC*. Spojení se realizuje tranzistorem T2, který je ovládán přepínačem SW2 rovněž napětím z děliče R16, R17.

Regulace hlasitosti, vyvážení, hloubek a výšek je obvyklá jednoduchými lineárními potenciometry P4 až P7, které jsou napájeny referenčním napětím +5,4 V z vývodu *19* IO2.

Výstupní nf signál se odebírá přímo z IO2 přes vazební kondenzátory C13 a C113.

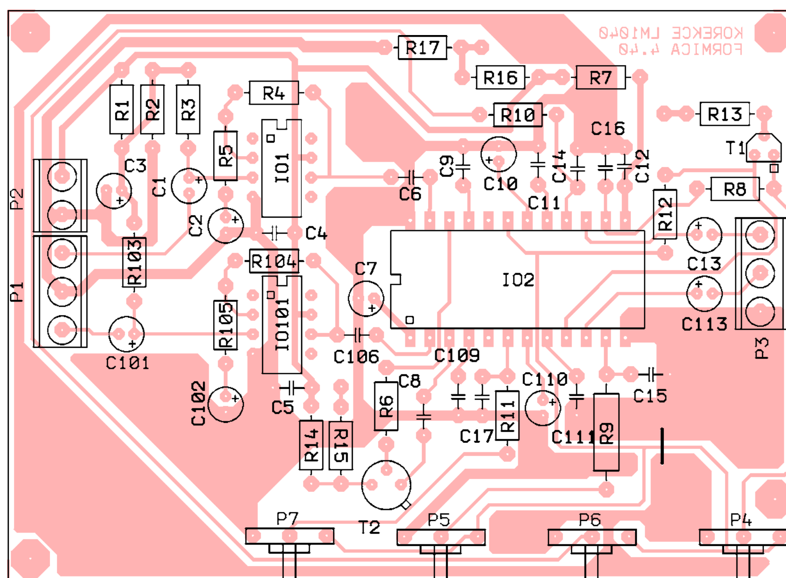
Obvod IO2 je napájen přes filtrační článek *R7, C12*.

Součástky korekčního zesilovače jsou osazeny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 67, rozmístění součástek na desce je na obr. 69.

S proměřenými pasivními součástkami a s plošnými spoji zkontrolovanými proti světlu (zda nejsou mezi spoji můstky nebo nejsou spoje přerušeny) funguje korekční zesilovač na první zapojení.

Seznam součástek

R1, R2, R4, R17, R104	10 kΩ, miniaturní
R3, R103	56 kΩ, miniaturní
R5, R105	1 kΩ, miniaturní
R6	4,7 kΩ, miniaturní
R8, R9, R10, R11	47 kΩ, miniaturní
R12, R13	1 MΩ, miniaturní
R14	680 kΩ, miniaturní
R15	390 kΩ, miniaturní
R16	10 kΩ, miniaturní
P4, P5, P6, P7	50 kΩ/lin., potenciometr



Obr. 69. Rozmístění součástek na desce nf korekčního zesilovače pro náročné

C1, C13, C101, C113	2,2 µF/50 V, radiální
C2, C3, C10, C102, C110	10 µF/35 V, radiální
C4, C5, C12	100 nF, keramický
C6, C106	470 nF/63 V, fóliový
C7	47 µF/35 V, radiální
C8	100 nF/100 V, fóliový
C9, C109	10 nF/100 V, fóliový
C11, C111	390 nF/63 V, fóliový
C14, C15, C16, C17	220 nF/63 V, fóliový
T1	KC238
T2	2N4393
IO1, IO101	OP07
IO2	LM1040
P1, P3	svorkovnice ARK500/3
P2	svorkovnice ARK500/2
SW1, SW2	páčkový přepínač jednopólový
deska s plošnými spoji:	KOREKCE LM1040

Barevná hudba pro nenáročné

Schéma této velice jednoduché barevné hudby je na obr. 70. Nízkofrekvenční signál pro barevnou hudbu odebíráme z jakéhokoliv zesilovače ze zásuvky pro výstup pro sluchátka nebo pro vedlejší reproduktor.

Ze vstupní svorkovnice P3 přichází signál na potenciometr P1 pro regulaci citlivosti a z něj přes vazební kondenzátor C1 na bázi křemíkového tranzistoru T1, který pracuje jako zesilovač v zapojení se společným emitorem. Zesílený nf signál se odebírá z kolektoru T1 přes další vazební kondenzátor C2 a rozděluje se do tří kmitočtových pásem třemi články *RC*.

První kmitočtové pásmo s horním mezním kmitočtem 250 Hz se odděluje dolní propustí se součástkami R3, C3, R4, C4 se sklonem 12 dB/okt. Tranzistor T2 se otevírá signálem z výstupu dolní propusti a přivádí na řídicí elektrodu tyristoru TY1 kladné napětí. V katodě TY1 je zapojena sériově-paralelní kombinace červených žárovek Z1 z vánočního stromku (s parametry 14 V/0,15 A). Trimrem R5 nastavíme pracovní bod tranzistoru T2 těsně před bod, v němž tyristor sepne vlivem zvětšení zbytkového proudu tranzistoru. Na kolektor tranzistoru T2 se totiž přivádí přes tyristor téměř plné napájecí napětí, které způsobí, že se při zvětšení odporu trimru R5 zvětší i proud I_{CEO}.

Signály se středními kmitočty od 250 Hz do 3 kHz jsou propouštěny zjednodušeným Wienovým článkem C5, C6, R6. Trimr R6 nastavujeme stejně jako trimr R5. K tyristoru TY2 jsou připojeny žárovky Z2 žluté barvy.

Signály s vysokými kmitočty nad 3 kHz se oddělují horní propustí RC C7, R9, C8, R7. Tranzistor T4 a tyristor TY3 fungují stejně jako odpovídající součástky v předchozích větvích. Žárovky Z3 připojené k TY3 jsou zelené.

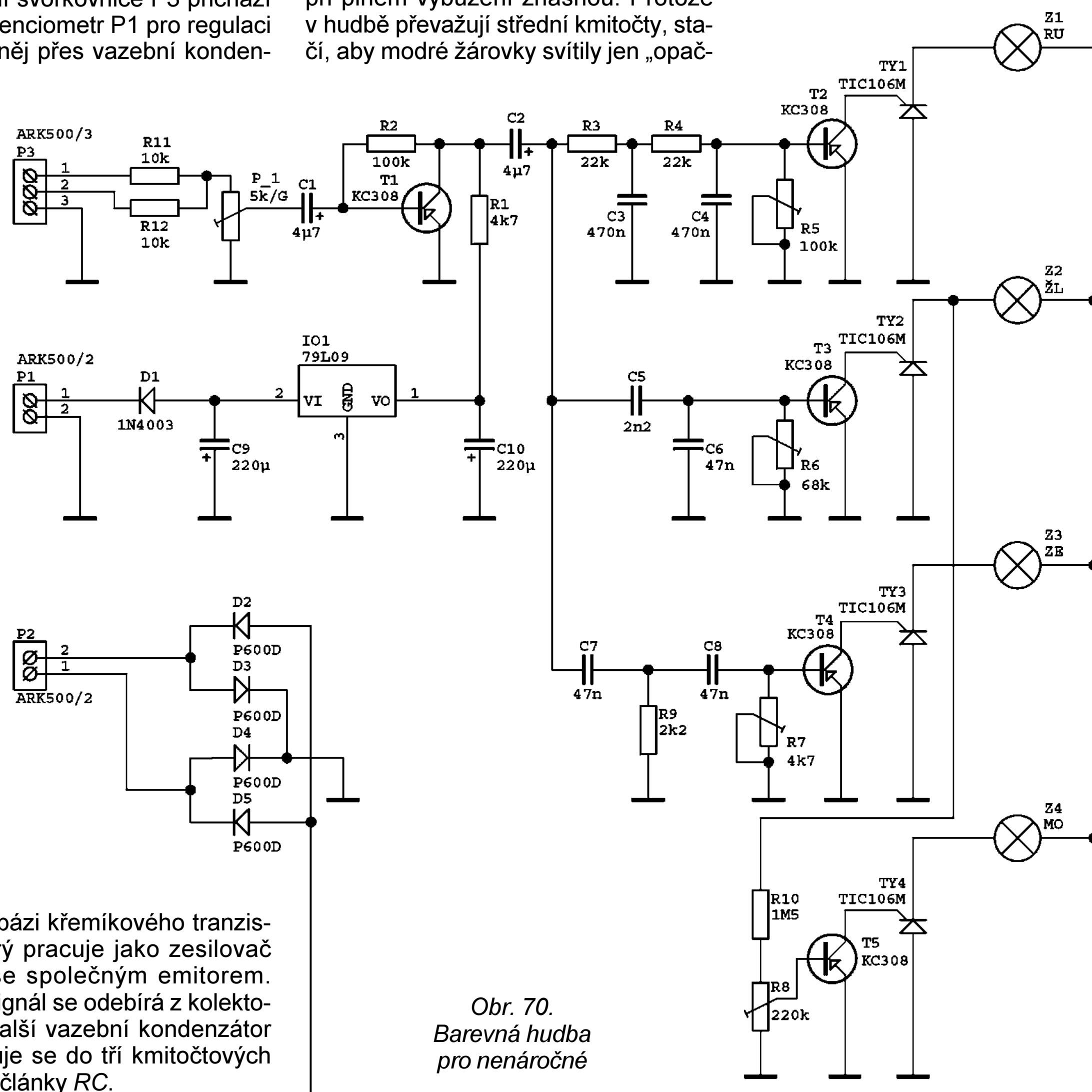
Modré žárovky Z4 reagují na amplitudu přiváděného signálu negativně, tj. při jeho nulové amplitudě svítí naplno a při plném vybuzení zhasnou. Protože v hudbě převažují střední kmitočty, stačí, aby modré žárovky svítily jen „opačně“ ke žárovkám žlutým. Napětí pro buzení modrých žárovek proto odebíráme z katody tyristoru TY2 přes rezistor R10. Tím získáme napětí opačného průběhu, než je na žlutých žárovkách. Spínač modrých žárovek Z4 se součástkami T5 a TY4 je stejný jako v ostatních větvích. Trimrem R8 nastavíme úroveň budicího napětí tak, aby při rozsvícení žluté žárovky modrá žárovka zhasla a při zhasnutí žluté se opět rozsvítila.

Tyristorové spínače a žárovky jsou napájeny dvoucestně usměrněným tepavým napětím -48 V. Toto tepavé napětí je získáváno tak, že střídavé napětí z transformátoru, které je přiváděno na svorkovnici P2, je usměrňováno můstkem s diodami D2 až D5 a není filtrováno žádným kondenzátorem.

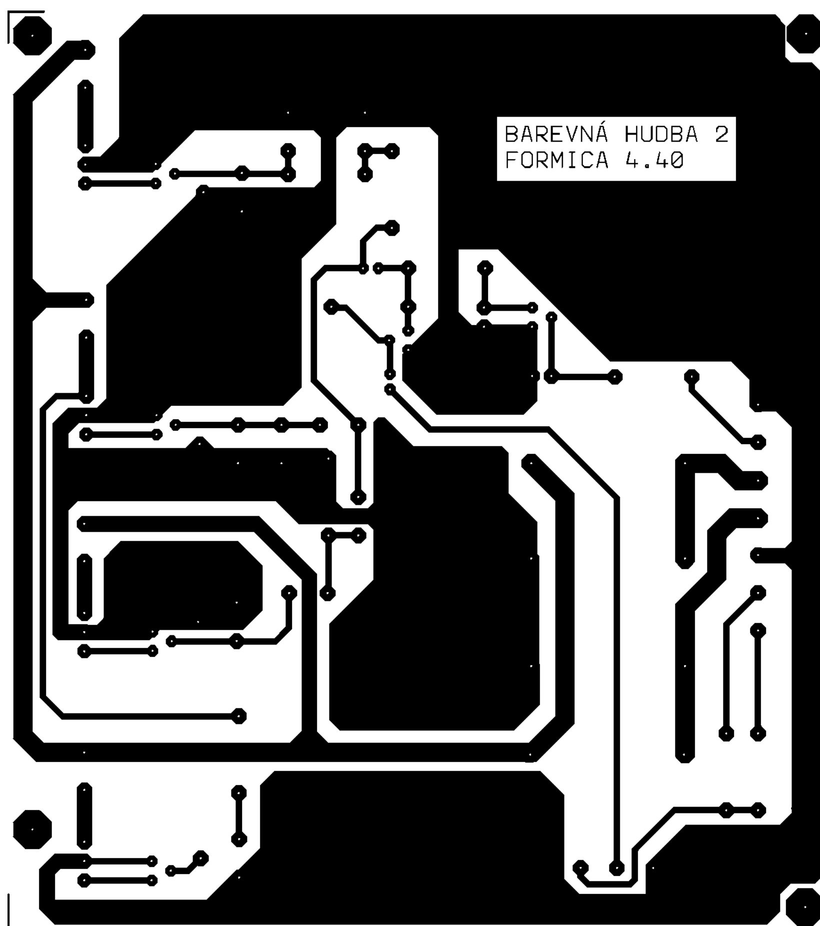
Vstupní zesilovač s tranzistorem T1 je napájen stabilizovaným ss napětím -9 V z odvozovaným z druhého vinutí transformátoru.

Množství žárovek a jejich umístění na osvětlovacím panelu je na fantazii a libovůli konstruktéra. Je však nutno dbát na celkový proud procházející diodovým můstkem (D2 až D5) a tyristory. Při proudu 1 A v každé větvi není nutno tyristory ani výkonové diody můstku chladit.

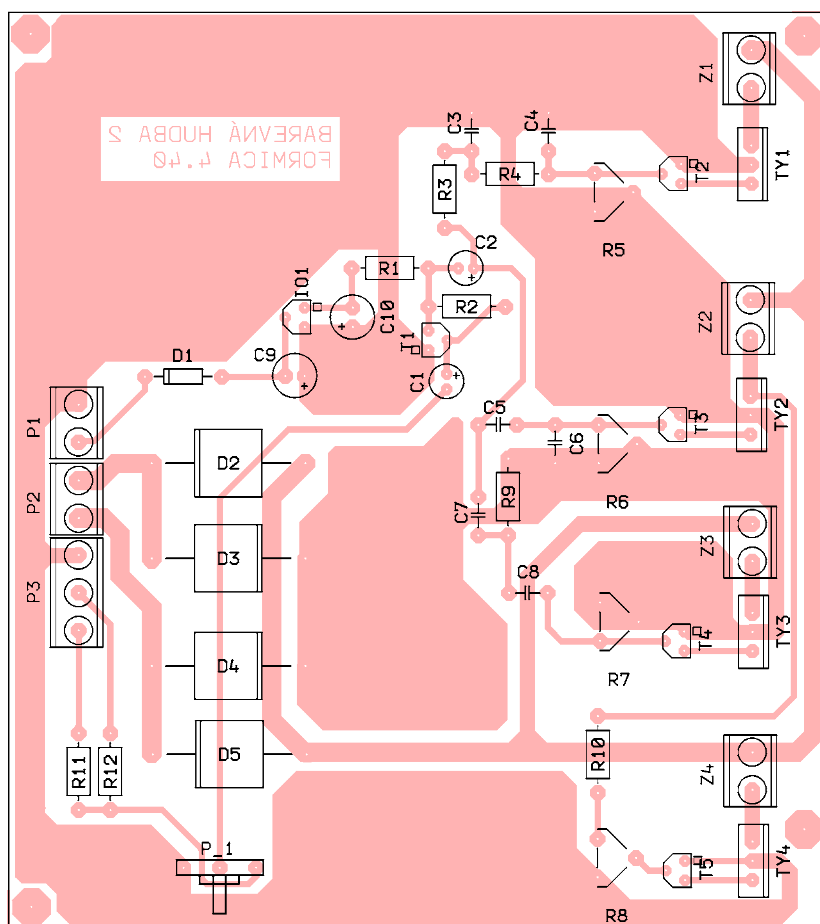
Barevné žárovky je vhodné umístit tak, aby osvětlovaly bílou plochu, nejlé-



Obr. 70. Barevná hudba pro nenáročné



Obr. 71. Obrazec spojů barevné hudby pro nenáročné (měř.: 1 : 1)



Obr. 72. Rozmístění součástek na desce barevné hudby pro nenáročné

pe strop, a byly umístěny za čirým vroubkovaným sklem tloušťky 2 až 3 mm. Tím pak vznikají při blikání žárovek zajímavé světelné efekty na osvětlované bílé ploše.

Součástky barevné hudby pro nenáročné jsou osazeny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 71, rozmístění součástek na desce je na obr. 72.

Tato barevná hudba při pečlivé montáži a pájení funguje na první zapojení při minimálních nárocích na oživování.

Seznam součástek

R1	4,7 kΩ, miniaturní
R2	100 kΩ, miniaturní
R3, R4	22 kΩ, miniaturní
R5	100 kΩ, trimr
R6	68 kΩ, trimr
R7	4,7 kΩ, trimr
R8	220 kΩ, trimr
R9	2,2 kΩ, miniaturní
R10	1,5 MΩ, miniaturní
R11, R12	10 kΩ, miniaturní
P1	5 kΩ/log., potenciometr
C1, C2	4,7 μF/35 V, radiální
C3, C4	470 nF/63 V, fóliový
C5	2,2 nF/100 V, fóliový
C6, C7, C8	47 nF/100 V, fóliový
C9, C10	220 μF/25 V, radiální
D1	1N4003
D2, D3, D4, D5	P600D
T1, T2, T3, T4, T5	KC308
TY1, TY2, TY3, TY4	TIC106M
IO1	79L09
P1, P2	svorkovnice ARK500/2
P3	svorkovnice ARK500/3
Z1	žárovka červená, viz text
Z2	žárovka žlutá, viz text
Z3	žárovka zelená, viz text
Z4	žárovka modrá, viz text

deska s plošnými spoji: BAREVNÁ HUDBA 2

Barevná hudba pro náročné

Tato barevná hudba patří mezi složitější konstrukce. Její schéma je na obr. 73. Minimální napětí vstupního nf signálu je 10 mV. Kmitočtový rozsah basového kanálu je 50 až 500 Hz (-25 dB), středového kanálu je 500 až 3 500 Hz (-12 dB) a výškového kanálu je 3,5 až 20 kHz (-15 dB). Jas jednotlivých žárovek závisí na síle signálu a na jeho kmitočtu. Při napájení střídavým napětím 24 V/50 Hz lze použít skupinu žárovek do výkonu asi 50 W bez chladiče spínacích triaků. Pokud napájecí napětí zvětšíme na 48 V/50 Hz, můžeme použít žárovky do výkonu 100 W.

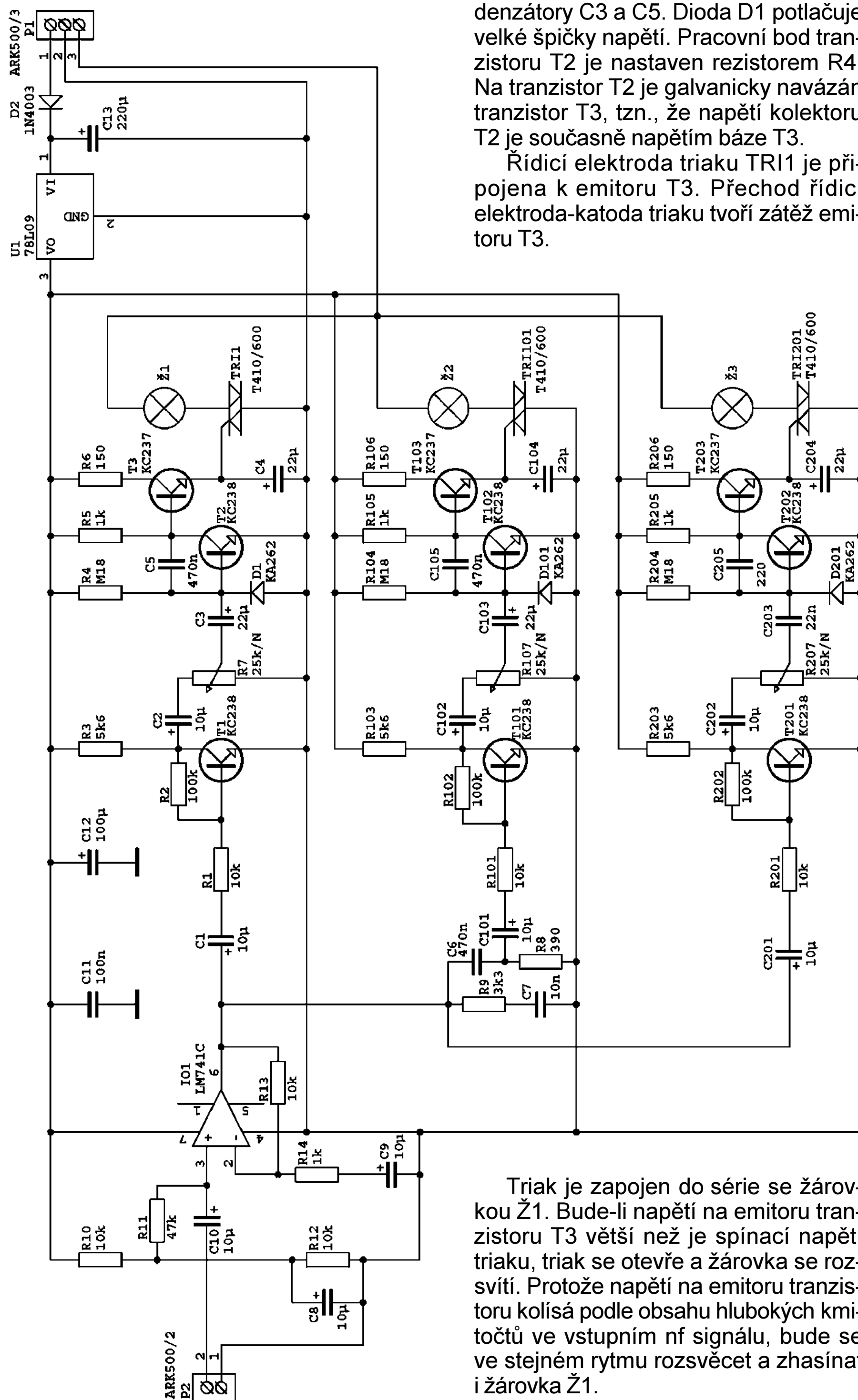
Pro vytvoření světelného efektu byl opět zvolen panel, na kterém jsou do různých obrazců uspořádány žárovky na vánoční stromek (14 V/0,15 A). Žárovky jsou ukryty za vroubkovaným sklem tloušťky 3 mm a osvětlují strop.

Nf signál se přivádí přes oddělovací kondenzátor C10 na vstupní zesilovač s operačním zesilovačem (OZ) IO1. Napěťové zesílení vstupního zesilovače je přibližně 11 a je určeno zpětnovazebním děličem s rezistory R13 a R14. Protože je OZ napájen nesymetricky, je na jeho neinvertující vstup přiváděno přes oddělovací rezistor R11 předpětí (o velikosti poloviny napájecího napětí) z děliče s rezistory R10 a R12 a ve zpětnovazebním děliči je zapojen oddělovací kondenzátor C9.

Zesílený nf signál je přes oddělovací kondenzátory a rezistory (C1, R1 pro basy, C101, R101 pro středy a C201, R201 pro výšky) přiváděn do oddělovacích tranzistorových zesilovačů s tranzistory T1, T101 a T201. Pro střední kmitočty je ještě před tento tranzistorový oddělovací zesilovač s T101 předřazena pásmová propust tvořená součástkami R8, R9, C6 a C7. Pracovní bod tranzistorů T1, T101, T201 je nastaven rezistory R2, R102 a R202 tak, aby napětí na jejich kolektorech bylo rovno polovině napájecího napětí +9 V, tj. mělo velikost asi +4,5 V.

Z kolektoru T1 je nf signál veden přes oddělovací kondenzátor C2 na regulátor citlivosti R7. Z běžce potenciometru R7 jde signál vazebním kondenzátorem C3 na bázi druhého tranzistoru T2. Součástkami určujícími přenášené kmitočtové pásmo jsou kondenzátory C3 a C5. Dioda D1 potlačuje velké špičky napětí. Pracovní bod tranzistoru T2 je nastaven rezistorem R4. Na tranzistor T2 je galvanicky navázán tranzistor T3, tzn., že napětí kolektoru T2 je současně napětím báze T3.

Řídicí elektroda triaku TRI1 je připojena k emitoru T3. Přechod řídicí elektroda-katoda triaku tvoří zátěž emitoru T3.



Obr. 73. Barevná hudba pro náročné

Triak je zapojen do série se žárovkou Ž1. Bude-li napětí na emitoru tranzistoru T3 větší než je spínací napětí triaku, triak se otevře a žárovka se rozsvítí. Protože napětí na emitoru tranzistoru kolísá podle obsahu hlubokých kmitočtů ve vstupním nf signálu, bude se ve stejném rytmu rozsvěcet a zhasínat i žárovka Ž1.

Obdobně fungují i filtry a spínače žárovek v ostatních kanálech.

Součástky barevné hudby pro náročné jsou připájeny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 74, rozmístění součástek na desce je na obr. 75.

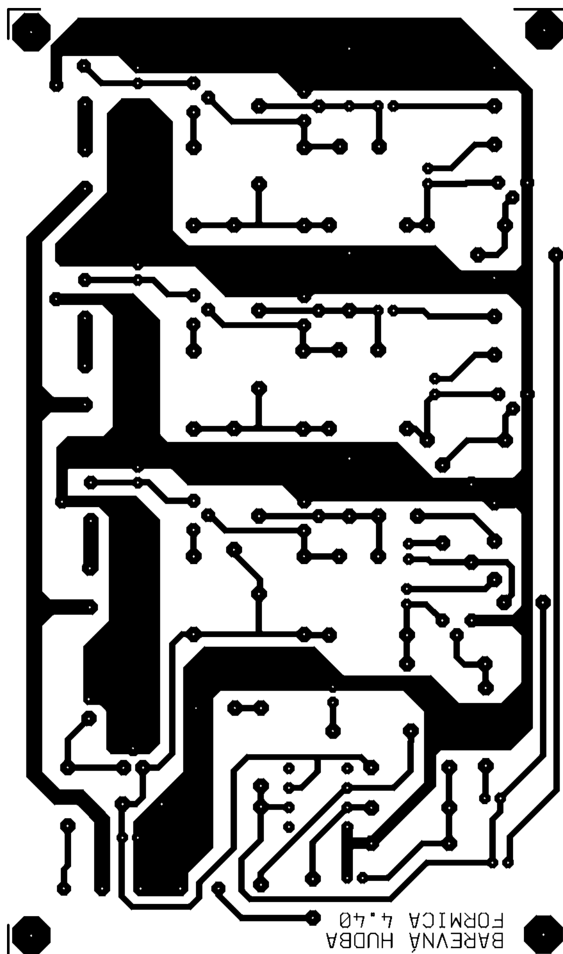
Před osazováním desky je vhodné všechny součástky předem přeměřit a desku vizuálně zkontrolovat proti světlu, zda nemají spoje zkraty nebo trhliny.

Zesílení vstupního zesilovače lze podle potřeby pohodlně upravit změnou odporu rezistoru R13 (zvětšováním jeho odporu zesílení stoupá a naopak).

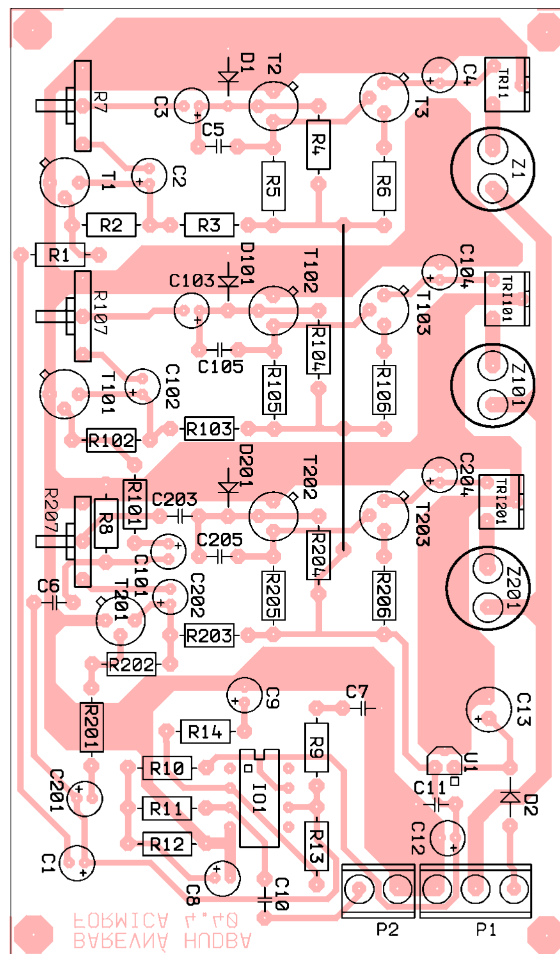
Tato konstrukce neskrývá žádné záludnosti. Při pečlivém zapojování nevznikají problémy a barevná hudba funguje na první zapojení.

Seznam součástek

R1, R10, R12, R13, R101, R201	10 kΩ, miniaturní
R2, R102, R202	100 kΩ, miniaturní
R3, R103, R203	5,6 kΩ, miniaturní
R4, R104, R204	180 kΩ, miniaturní
R5, R14, R105, R205	1 kΩ, miniaturní
R6, R106, R206	150 Ω, miniaturní
R7, R107, R207	25 kΩ/lin., potenciometr
R8	390 Ω, miniaturní
R9	3,3 kΩ, miniaturní
R11	47 kΩ, miniaturní
C1, C101, C201	10 µF/35 V, radiální
C2, C102, C202	10 µF/35 V, radiální
C3, C4, C103, C104, C204	22 µF/35 V, radiální
C5, C105	470 nF/63 V, fóliový
C6	470 nF/63 V, fóliový
C7	10 nF/100 V, fóliový
C8, C9	10 µF/35 V, radiální
C10	10 µF/35 V, radiální
C11	100 nF, keramický
C12	100 µF/16 V, radiální
C13	220 µF/35 V, radiální
C203	22 nF/100 V, fóliový
C205	220 pF, keramický
D1, D101, D201	KA262
D2	1N4003
T1, T2, T101, T102, T201, T202	KC238
T3, T103, T203	KC237
TRI1, TRI101, TRI201	T410/600
IO1	LM741C
U1	78L09
P1	ARK500/3
P2	ARK500/2
Ž1	žárovky, viz text
Ž101	žárovky, viz text
Ž201	žárovky, viz text
deska s plošnými spoji:	BAREVNÁ HUDBA



Obr. 74. Obrazec spojů barevné hudby pro náročné (měř.: 1 : 1)



Obr. 75. Rozmístění součástek na desce barevné hudby pro náročné

Stereofonní zesilovač 2x 15 W

Na závěr oddílu o nf technice si představíme velice jednoduchý, levný, ale přitom dostatečně kvalitní stereofonní zesilovač s maximálním sinusovým výkonem 2 x 15 W pro přehrávač CD, který lze po drobných úpravách použít i jako univerzální zesilovač s několika vstupy.

Schéma zesilovače je na obr. 78. Zesilovač obsahuje v každém kanále předzesilovač s tranzistory T1, T2 (T101, T102), korekční zesilovač s aktivní korekcí hloubek (±15 dB/40 Hz potenciometrem P2) a výšek (±15 dB/15 kHz potenciometrem P3) s tranzistory T3, T4 (T103, T104) a koncový stupeň s integrovaným výkonovým zesilovačem TDA2030 (IO1, IO101). Mezi předzesilovač a korekční stupeň je zapojen tandemový logaritmický potenciometr P1 pro regulaci hlasitosti (pokud máme P1 s odbočkou, můžeme jej zapojit podle obr. 76 jako fyziologický regulátor). Mezi korekční a koncový stupeň je zapojen tandemový lineární potenciometr P4 pro vyvážení stereofonního efektu.

Vstup zesilovače (svorky P7, P107) má cilivost 150 mV a je určen pro připojení přehrávače CD.

Na výstupních svorkách (P6, P106) je v každém kanále k dispozici sinusový výkon minimálně 16 W/4 Ω (při napájecím napětí 25 V). Harmonické zkreslení je při tomto výkonu pod 0,2 %/1 kHz, odstup signál/šum je minimálně 70 dB. Při reproduktorech 8 Ω je dosažitelný výkon asi 2x 12 W.

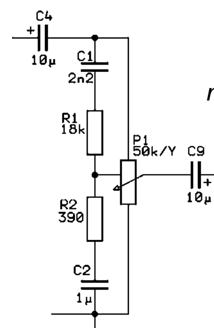
Zesilovač je napájen napětím přibližně +25 V z usměrňovače s diodami D3 až D6 a filtračními kondenzátory C21 a C22. Na svorkovnici P8 usměrňovače se přivádí přes pojistku 2 A střídavé sekundární napětí 15 až 17 V ze síťového transformátoru o výkonu minimálně 40 VA. Napětím z usměrňovače se přes další filtrační články *RC* napájejí i vstupní a korekční zesilovače.

Součástky stereofonního zesilovače jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji (obr. 79 a obr. 80).

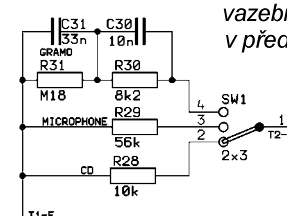
Výkonové zesilovače IO1 a IO101 jsou izolovaně připevněny na dostatečně dimenzovaném hliníkovém chladiči.

Rezistorem R3 nastavíme 10 až 12 V na kolektoru T2, rezistorem R16 nastavíme 9 až 11 V na emitoru T3, rezistorem R21 nastavíme 9 až 11 V na kolektoru T4 a obdobně nastavíme stejná napětí i v pravém kanálu (v realizovaném zesilovači však nebylo nutné odpory rezistorů R3, R16 atd. vůči schématu měnit). Na vývodu *4* IO1 (IO101) by měla být polovina napájecího napětí, na C21 a C22 by mělo být napájecí napětí 20 až 25 V. Klidový proud by měl být 25 až 40 mA v každém kanále.

Před vstupy předzesilovačů lze zapojit přepínač vstupů. Současně s přepínáním vstupů je však nutné podle parametrů vstupních signálů upravovat dalšími sekcemi přepínače zesílení a kmitočtovou charakteristiku vstupních zesilovačů. Např. pro vstupy GRAMO,



Obr. 76. Fyziologický regulátor hlasitosti



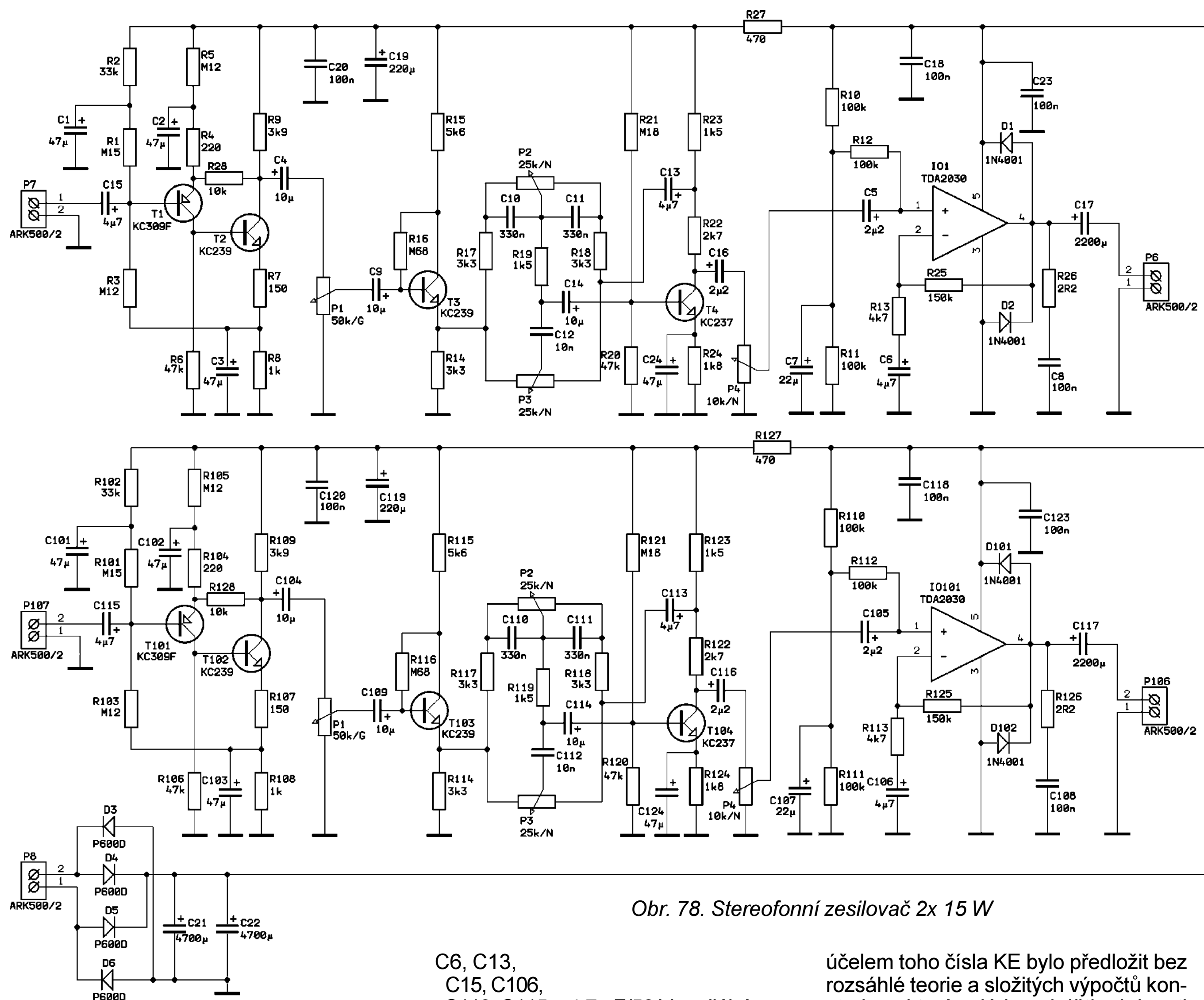
Obr. 77. Úprava zpětnovazebního děliče v předzesilovači

MIKROFON a CD je potřebné ve vstupních předzesilovačích zapojit místo zpětnovazebních rezistorů R28 a R128 obvody podle obr. 77.

Použijeme-li IO1 a IO101 výkonnějšího typu TDA 2040 a zvětšíme-li napájecí napětí až na 40 V (použitím transformátoru se sekundárním napětím 27 V a dimenzováním všech potřebných kondenzátorů na 50 V), lze dosáhnout sinusového výkonu až 30 W/4 Ω na kanál.

Seznam součástek

R1, R25,
R101, R125 150 kΩ, miniaturní
R2, R102 33 kΩ, miniaturní



Obr. 78. Stereofonní zesilovač 2x 15 W

R3, R5, R103, R105	120 kΩ, miniaturní
R4, R104	220 Ω, miniaturní
R6, R20, R106, R120	47 kΩ, miniaturní
R7, R107	150 Ω, miniaturní
R8, R108	1 kΩ, miniaturní
R9, R109	3,9 kΩ, miniaturní
R10, R11, R12, R110, R111, R112	100 kΩ, miniaturní
R13, R113	4,7 kΩ, miniaturní
R14, R17, R18, R114, R117, R118	3,3 kΩ, miniaturní
R15, R115	5,6 kΩ, miniaturní
R16, R116	680 kΩ, miniaturní
R19, R23, R119, R123	1,5 kΩ, miniaturní
R21, R121	180 kΩ, miniaturní
R22, R122	2,7 kΩ, miniaturní
R24, R124	1,8 kΩ, miniaturní
R26, R126	2,2 Ω, miniaturní
P1	2x 50 kΩ/log., tandem. pot.
P2, P3	2x 25 kΩ/lin., tandem. pot.
P4	2x 10 kΩ/lin., tandem. pot.
C1, C2, C3, C101, C102, C103	47 μF/35 V, radiální
C4, C9, C14, C104, C109, C114	10 μF/50 V, radiální
C5, C16, C105, C116	2,2 μF/50 V, radiální
C6, C13, C15, C106, C113, C115	4,7 μF/50 V, radiální
C7, C107	22 μF/35 V, radiální
C8, C108	100 nF/100 V, fóliový
C10, C11, C110, C111	330 nF/100 V, fóliový
C12, C112	10 nF/100 V, fóliový
C24, C124	47 μF/16 V, radiální
C17, C117	2200 μF/25 V, radiální
C18, C20, C23, C118, C120, C123	100 nF, keramický
C19, C119	220 μF/35 V, radiální
C21, C22	4700 μF/35 V, radiální
D1, D2, D101, D102	1N4001
D3 až D6	P600D
T1, T101	KC309F
T2, T3, T102, T103	KC239
T4, T104	KC237
IO1, IO101	TDA2030
P6, P7, P8, P106, P107	svorkovnice ARK500/2

DPS: ZESILOVAČ 2x 15 W

Závěr

Předložené konstrukce jsou sestaveny tak, aby i začínající mládež se mohla fundovaně zasvětit do základů elektroniky. Samozřejmě, že lze některé obvody (např. z oblasti krystalek a radiopřijímačů) upravit a vylepšit, ale účelem toho čísla KE bylo předložit bez rozsáhlé teorie a složitých výpočtů konstrukce, které zvládnou i děti od deseti let. Rovněž i ti starší a zkušenější najdou v tomto čísle zajímavé náměty, které je mohou podnítit k vyzkoušení.

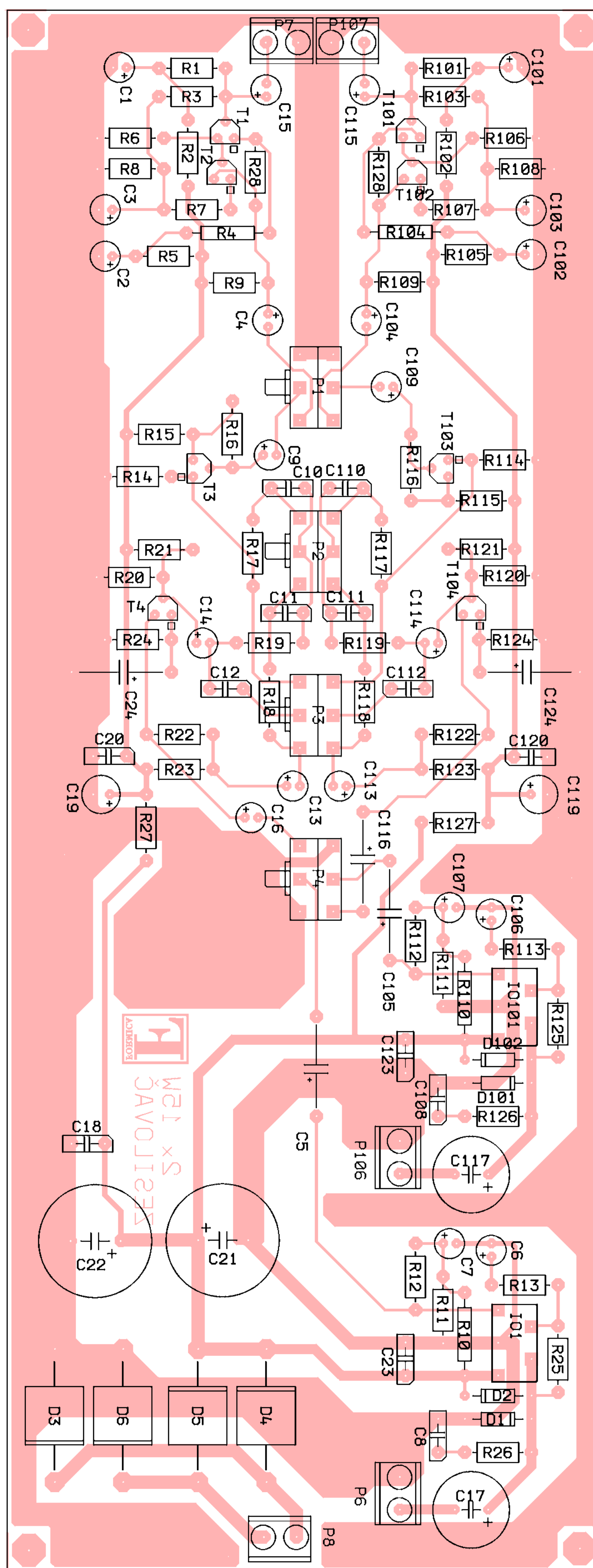
Součástky jsou většinou použity z různých výprodejů společností HADEX, AME, GM Electronic, AVE apod. Pokud člověk navštíví takovéto „elektronické krámky", tak teprve tam zjistí, co za sortiment se tam „válí" za pár korun, a v té chvíli v něm dozraje myšlenka si taky něco „ubastlit". Domnívám se, že se mi takovou touhu u čtenářů různých věkových kategorií podařilo probudit, a pokud jste toto číslo dočetli až do konce, tak vám všem za to upřímně děkuji.

Nakonec chci upozornit všechny čtenáře, že zde otištěné konstrukce **nezasílám** jako stavebnice, i když mě o to v minulosti řada amatérů žádala. Desky s plošnými spoji zhotoví firmy, které lze vyhledat v inzertní části časopisu Praktická elektronika. Transformátory typu EI dodává např. firma Elektrokov Znojmo a.s., toroidní transformátory dodává např. firma J-K Eltra, pan Kyprý Jan, Heřmanův Městec.

Písemné dotazy zodpovím, pokud bude v dopisu přiložena obálka se známkou a nadepsanou adresou tazatele pro odeslání odpovědi. Moje poštovní adresa je: Ing. Zdeněk Zátopek, Dubíček 108/4, 725 28 Ostrava 28.

Je možný i kontakt e-mailem na adresu: zzatopek@seznam.cz

Obr. 79. Obrazec spojů zesilovače 2x 15 W (měř.: 1 : 1)



Obr. 80. Rozmístění součástek na desce zesilovače 2x 15 W

Literatura

[1] Konstrukční katalog GM Electronic 2004

[2] Konstrukční katalog Motorola 2004

[3] Katalog National Semiconductor 2004

[4] Amatérské radio, ročník 1997, 1998

[5] Nízkofrekvenční zesilovače II. Nakladatelství BEN

[6] Radio SHACK, ročník 2000

[7] Časopis Elector, ročník 2001

[8] Časopis Funkschau, ročník 1999

[9] *Jurkovič; Belza.*: Nízkofrekvenční technika, Praha 1997

[10] Praktická zapojení s NE555. Konstrukční listy 1996